

## Physikertagung in Münster

Nordwestdeutsche Physikalische Gesellschaft

Fachausschuß Akustik im VDPG

Der Tagung der Nordwestdeutschen Physikalischen Gesellschaft in Münster vom 25. bis 27. April ging am 24. eine Vorstandssitzung voraus, in der 11 Kollegen, darunter 3 Studenten als Mitglieder aufgenommen und Vorschläge für die Leitenden der wissenschaftlichen Sitzungen gemacht wurden. Es war ferner zu überlegen, wie die Tagungen der Gesellschaft weiterhin zu gestalten und mit den Aufgaben der Herbsttagung und der Fachausschußsitzungen abzustimmen seien. Diese Aufgaben sind ja keineswegs stets dieselben, sondern ändern sich mit den Bedürfnissen, wie die Entwicklung der letzten Jahre gezeigt hat. Die zwei bis drei zusammenfassenden Vorträge als Gegengewicht gegen die notwendige Spezialisierung, deren einen Pol die Fachausschüsse darstellen, erscheinen nach wie vor nützlich und notwendig. Einstimmig war man der Ansicht, daß Einzelvorträge neuer Arbeiten auf den Gesellschaftstagungen nicht abgelehnt werden können, dagegen erschien es wünschenswert, die Institutsdirektoren zu bitten, ihrerseits für eine Siebung zu sorgen und darauf hinzuwirken, daß nur gute Arbeiten zum Vortrag angemeldet würden. Nicht jede Diplomarbeit, die ja vielfach nur den Charakter von Prüfungsarbeiten haben, erscheint in diesem Sinne geeignet. Weiter scheint es wünschenswert, wie bisher die Sitzungen der Fachausschüsse mit den Gesellschaftstagungen zu koppeln, um so einem größeren Kreise möglich zu machen, sich über die Fortschritte auf den Spezialgebieten zu unterrichten. Eine stärkere Berücksichtigung der theoretischen Physik wurde ebenfalls sehr gewünscht, z. B. mit dem Ziel, über die Fragen, die bei den Oberwolfacher Zusammenkünften zur Sprache kamen,

nach Möglichkeit unterrichtet zu werden. Für die Frühjahrstagung des nächsten Jahres wurde eine gemeinsame Veranstaltung mit dem Fachausschuß Kernphysik in Aussicht genommen, nachdem diesmal dieses Tatsachengebiet wegen der Konzentration auf der Wiesbadener Tagung ausgefallen war.

Der Termin für die nächste Tagung der Gesellschaft war mit Rücksicht darauf zu wählen, daß zur Wiederkehr des 100ten Geburtstages von *Max Planck* vom Verband in Berlin eine größere Feier geplant ist, die zu einer internationalen Theoretikertagung am 23./25. April 1958 ausgestaltet werden soll. Es wurde daher beschlossen, die eigene Tagung in Bonn in den Tagen um den 16. April abzuhalten.

Über den Aufruf der 18 Kollegen zur Frage der Atomkriegführung berichtete einer der Unterzeichner. Der Aufruf, dessen Entwurf beiden Fachministern der Bundesregierung bereits seit Januar bekannt war, blieb zunächst in der Schublade und wurde erst veröffentlicht, als von seiten des Verteidigungsministeriums davon gesprochen wurde, unter Umständen sich an der Herstellung von Atomwaffen selbst zu beteiligen. Damit tauchte die Möglichkeit auf, daß außer USA, Sowjetunion und England nun auch andere bisher damit nicht befaßte Länder Atomwaffen produzieren würden. Auch ließen amtliche Äußerungen die Neigung erkennen, die mit der Atombombe verbundenen Gefahren zu bagatellisieren. In der Diskussion wurde betont, daß die Unterzeichner nicht nur als Physiker, sondern als Bürger ihres Staates gesprochen haben, die nur auf Grund ihrer Kenntnisse zu ihren Äußerungen berechtigt und verpflichtet waren. Auch die Aufgabe des Hochschullehrers, der Jugend die eigene Gedankenwelt näher zu bringen und sie vor die Frage zu stellen, wie sie selbst darüber denkt, kam zur Sprache. Weiter schien allgemein der Hinweis auf die Gefährlichkeit der Atomwaffen als Kampfmittel sowie wegen der durch sie entstehenden radioaktiven Verseuchung wichtig, da, wie übereinstimmend bemerkt wurde, man immer wieder der Frage begegnet, ob das denn wirklich so gefährlich sei. Zu dieser Ansicht trug auch bei, daß der Eindruck entstanden war, amtliche Stellen gingen über Vorschläge der Atomkommission zu leicht hinweg. Die Anwesenden begrüßten die Erklärung auch als einen Beitrag humanitärer Art, der umso angebrachter sei, als das Ansehen Deutschlands durch die Taten des Hitlerreiches in der Welt sehr gelitten hat.

Der wissenschaftliche Teil der Tagung wurde durch einen Vortrag des Physiologen Prof. Dr. O. F. Ranke aus Erlangen in der schönen Aula des großartigen Universitätsgebäudes eingeleitet. Über die Einzelvorträge berichteten die folgenden Kurzreferate. Führungen durch die neu eingerichteten Institute gaben weitere Anregungen. Am Nachmittag des 2. Tages führte eine Rundfahrt die Teilnehmer zu den Wasserburgen des Münsterlandes. Schönstes Frühlingswetter sorgte dafür, daß die von den Teilnehmern dankbar anerkannten Bemühungen der Gastgeber, vor allem von Prof. Bittel, der die ganze Last der örtlichen Vorbereitung getragen hatte, zur vollen Geltung kamen.

R. Mannkopff, Göttingen



Vormittag

Nach Eröffnung der Tagung um 9.00 Uhr durch den Vorsitzenden der Nordwestdt. Phys. Ges. W. Kroebe (Kiel) hielt O. F. Ranke (Erlangen) einen zusammenfassenden Vortrag, dem 2 Parallelsitzungen folgten.

O. F. RANKE (Physiol. Inst. d. Univ. Erlangen): *Transformation von Reiz in Erregung am Beispiel des Gehörorgans.*

Übersichtsreferat mit besonderer Betonung der chemischen Stoffwechselvorgänge, die mit der Übertragung des physikalischen Reizes auf die Sinneszellen ausgelöst werden. Physikalische Gesetzmäßigkeiten können daher nur mit Vorsicht auf die Tatsachen der Erregung angewendet werden.

1. Parallelsitzung: Fachausschuß Akustik

W. WILLMS (PTB Braunschweig): *Stand der objektiven Geräuschemesser.*

Es wurde über die IEC- und ISO-Empfehlungen für die Geräuschemessung berichtet, über die Anfang d.J. in Paris beraten wurde. Das Phon wird als Maß der physiologischen Lautstärke nach der üblichen Definition international angenommen werden. Für die bekannte Lautheits-Lautstärkebeziehung, sowie die Kurven gleicher Lautstärke für reine Töne sind gewisse Änderungen vorgeschlagen worden. Der DIN-Lautstärkemesser, der nach dem neuen Entwurf DIN 5045 der deutschen Fachnormenausschüsse eine, dem höheren Stand der Technik entsprechende Verbesserung erfahren hat, weist einige Unterschiede gegenüber dem objektiven Lautstärkemesser auf, der von der IEC empfohlen werden soll. Die Verhandlungen darüber sind noch nicht abgeschlossen.

Es wurden DIN-Lautstärkemessungen und verschiedene neue Verfahren, die zur Berechnung der Lautheit angegeben worden sind, miteinander und mit der subjektiv bestimmten Lautstärke verglichen. Das Versuchsmaterial wurde einer Arbeit von *Quietzsch* entnommen. DIN-Lautstärkewerte liegen systematisch niedriger als die subjektive Lautstärke. Es wird auf die Möglichkeit einer Korrektur unter Benutzung des Spektrums hingewiesen. Die Übereinstimmung der nach *Quietzsch* und *Stevens* berechneten Lautstärke mit der subjektiven Lautstärke ist im Mittel gut, doch können im Einzelfall noch beträchtliche Abweichungen auftreten. In Bezug auf Übereinstimmung lassen die auf physiologischen Erkenntnissen aufbauenden Berechnungsverfahren von *Feldkeller* und *Zwicker* vielleicht bessere Ergebnisse erwarten.

H. KIETZ (Atlas-Werke A.G., Bremen): *Die physikalischen Vorgänge bei der Schallbildübertragung vom Stapes bis zum Zentralorgan.*

In einem Experimentalvortrag wurde zunächst an einem Hörmodell gezeigt, wie Zeitunterschiede in dem Eintreffen von Schallwellen an zwei Mikrophonen, die die beiden Ohren am menschlichen Kopf nachahmten, in eine Flächenreizung umgewandelt werden konnten. Mit der Bewegung einer Schallquelle vor diesen beiden Mikrophonen bewegte sich genau entsprechend auch die Flächenreizung, die durch das Aufleuchten von kleinen Glimmlämpchen dargestellt wurde. Desweiteren wurde an dem Hörmodell erklärt, wie vermutlich durch Kopplung der Nervenbahnen eine Verschärfung der Frequenzempfindung denkbar wird. An dem Hörmodell wurde durch die Flächenreizung bzw. durch das Aufleuchten der kleinen Glimmlämpchen eine erstaunlich gute Frequenzanzeige erzielt.



Durch mehrere Demonstrationsversuche beim menschlichen Hören konnte auf Trägheitseffekte in dem Adaptationsvorgang, in der Frequenzempfindung und in der Richtungsempfindung hingewiesen werden. Man wird aufgrund dieser Trägheitseffekte zu einer Auffassung geführt, daß bei einem hohen Ton von z. B. 4000 Hz infolge der Refraktärzeit maximal nur etwa 1000 Nervenimpulse/s starten können. Durch die Nervenkopplung wird vermutlich eine Verschärfung der Tonempfindung herbeigeführt, die andererseits aber mit einer höheren Refraktärzeit belastet ist, so daß von dieser Stelle der Nervenbahnen nur noch ca. 200 Nervenimpulse/s weitergeleitet werden können. Schließlich wird man im Zentralorgan für die Richtungsempfindung eine weitere Steigerung der Refraktärzeit annehmen müssen, so daß schließlich für die Richtungsempfindung nur noch ca. 50 Nervenimpulse/s ausgenutzt werden. Die zunächst gestarteten 1000 Impulse geben die Zeitgenauigkeit in der Richtungsempfindung, und die übrig bleibenden 50 Impulse/s lassen die relativ große Trägheit in der Richtungsempfindung, die zu dem bekannten Haas-Effekt führt, erklären.

**E. ZWICKER** (Inst. f. Nachrichtentechn. d. TH Stuttgart): *Über Zusammenhänge zwischen der Lautheit und der Verdeckung bzw. den Unterschiedsschwellen.*

Die Existenz einer Frequenzgruppenlautheit oder besser gesagt, einer Kopplungsbreitenlautheit wird diskutiert. Es wird erläutert, wie aus Verdeckungsmessungen auf sie geschlossen werden kann und wie sie mit den Unterschiedsschwellen zusammenhängt. Die Möglichkeit, aus Verdeckungsmessungen und damit in guter Näherung aus dem Frequenzgruppen-Pegeldiagramm die Gesamtlautheit eines Dauergeräusches zu bestimmen, wird angedeutet.

**H. NIESE** (Inst. f. Elektro- u. Bauakustik d. TH Dresden): *Die Bildung der Gesamtlautstärke aus der Schallerregung jedes Ohres bei gleicher Frequenz.* (Vorgetr. von W. Reichardt)

Die Anwendung stereophonischer Meßmikrophone erscheint für akustische Messungen aussichtsreich, wenn ein Meßwert erzielt werden soll, der in subjektiver Übereinstimmung mit dem Hörempfinden eines am gleichen Meßort befindlichen Zuhörers sein soll. An den Ausgangsklemmen der beiden Einzelmikrophone entsteht dann jeweils eine Meßspannung, die dem jedem Ohr wirkenden Schalldruck eines gleichartig plazierten Zuhörers proportional ist. Da schließlich nur ein aus den Meßgrößen beider Einzelmikrophone ermittelter Meßwert angebar ist, interessierte die Frage nach der Art der Zusammenführung beider Mikrophonspannungen.

Eine vielfach vorherrschende Meinung darüber besagt, daß sich die Lautheiten der in jedem Ohr wirkenden Schalldruckpegel addieren. Diese Veranschaulichung geht auf den Umstand zurück, daß mit Hilfe der *Monaural-Binaural-Methode* die Lautheitskurve abzuleiten versucht wurde. *Robinson* [interne Mitteilung, ISO/TC 43], der eine große Zahl von Lautheitsmessungen kritisch betrachtete, kam zu dem Schluß, daß die nach der *Monaural-Binaural-Methode* gemessenen Werte wegen systematischer Abweichungen ausgeschieden werden müssen. Er fand, daß bei mittleren Lautheiten eine Verdopplungsschritt eine Lautstärkeerhöhung von 10 phon erfordert, was gegen bei der *Monaural-Binaural-Methode* eine Schrittlautstärke von etwa 6 phon aus den Messungen ermittelt wurde.

Eigene Messungen sollten diese Frage beantworten helfen. Mit einem dynamischen Kopfhörer erhielten eine größere Zahl von Versuchspersonen nacheinander Sinuskurztöne dargeboten, deren Schalldruckamplituden für jedes Ohr eine verschiedene Größe hatten. Durch Vergleich des entstehenden



den Lautstärkeeindrucks mit einem Kurzton von gleichen Schalldruckamplituden an jedem Ohr konnte eine diesbezügliche Gesetzmäßigkeit gefunden werden. Hiernach zeigte sich, daß die Summe der von beiden Ohren aufgenommenen Energiewerte den Gesamtlautstärkeeindruck bestimmt. Das Ergebnis läßt sich im Spezialfall so formulieren, daß hiernach eine Schrittlautstärke von 3 phon erforderlich wird.

F. J. MEISTER (Akust. Labor. d. Med. Akad. Düsseldorf): *Einflüsse der Hörermündung durch Lärm auf Hörschärfe, Sprachanalysierfähigkeit und Lautheitsempfindung.*

Aus älteren Untersuchungen ist bekannt, daß der beginnende Hörschaden bei Lärmarbeitern sich zunächst in einer Adaptionstörung äußert, die sich im Frequenzbereich des Konsonantenaufbaues unserer Sprache bemerkbar macht. Später erweitert sich die adaptative Störung und es beginnt bis etwa 2000 Hz herunter ein echter Haarzellenschaden mit bleibendem Hörverlust. Um die Vorgänge genauer zu untersuchen, wurden an 40 jungen Lärmarbeitern eine Serie von Versuchen vor Beginn, während und nach der Tagesarbeit durchgeführt, die das Verhalten des Gehörs während der Betriebszeit im Werk erforschen sollte. Dazu wurden die akustischen Verhältnisse der einzelnen Arbeitsplätze hinsichtlich Geräuschspektren und DIN-Lautstärke vermessen und für die audiologischen Tests ein dem Arbeitsplatzgeräusch ähnliches Testgeräusch hergestellt. Die audiologischen Untersuchungen erstrecken sich auf: Audiogramm sowie Sprachgehörverlustwert und seine Änderung, Geräuschverdeckungsbetrag für gleiche prozentuale Wortverständlichkeit, Reaptation im Senkenbereich nach 3 Minuten Belastung mit Betriebslautstärke (Testgeräusch) und Lautheitsvergleich des Betriebslärms mit definiertem Testgeräusch. Von den an anderer Stelle [Ber. Nr. 359 d. Forsch.-Ber. d. Min. f. Wirtsch. u. Verkehr d. Landes Nordrhein-Westfalen] beschriebenen Ergebnissen mag nur erwähnt werden, daß sowohl die Sprachanalysierfähigkeit als auch die Lautheitsempfindung während der Arbeitszeit erkennbaren Veränderungen unterworfen ist; so war z. B. der Lautheitseindruck für Betriebslautstärke am Ende des Arbeitstages um 25 % abgesunken.

G. R. SCHODDER und H. P. SERAPHIM (III. Phys. Inst. d. Univ. Göttingen): *Unterschiedsschwellen der Zeitkonstanten exponentieller Abklingvorgänge* (Vorgetr. von G. R. Schodder)

Im freien Schallfeld wurde die Wahrscheinlichkeit bestimmt, Unterschiede in den Zeitkonstanten zweier aufeinanderfolgender — durch optische Signale gekennzeichneten — abklingender Rauschimpulse richtig zu erkennen. Die Untersuchungen sind als Vorarbeit für die Bestimmung der Unterschiedsschwellen von Nachhallvorgängen gedacht. Entsprechend ist die Abklingzeit wie die Nachhallzeit definiert worden, nämlich als die Zeit, in der der Pegel vom Anfangswert aus um 60 dB gesunken ist. Die Unterschiedsschwelle ist die relative Abweichung, die von  $\frac{3}{4}$  der Beobachter richtig erkannt wird.

Für Rauschen, das Frequenzen im Bereich von 800 bis 1600 Hz enthält und das 170 ms mit einer DIN-Lautstärke von 80 phon gegeben wird und dann exponentiell in der Intensität abfällt, ergeben sich bei 40 DIN-phon Rauschpegel Unterschiedsschwellen von etwa 5 % bei einer Abklingzeit von 0,3 s, 3 % im Bereich von ungefähr 0,7 bis 3 s und 5,5 % bei etwa 7 s Abklingzeit.

Diese Werte ändern sich kaum mit der Änderung des Frequenzbereichs des benutzten Rauschens. Dagegen steigen die Unterschiedsschwellen mit fallender Dynamik: Sie sind z. B. bei 10 dB Dynamik 10 bis 12 % im Be-



reich von 0,5 bis 7 s Abklingzeit. Ebenso wachsen sie mit länger werden dem Zeitabstand zwischen den zu vergleichenden abklingenden Impulsen. Z. B. beträgt bei 20 s Impulsabstand und einer Abklingzeit von 1 s die Unterschiedsschwelle etwa 12 %.

## 2. Parallelsitzung: Elektronenmikroskopie, dünne Schichten

W. PITSCH (MPI f. Eisenforsch. Düsseldorf): *Übermikroskopische Beobachtungen an dünnen Eisenschichten.*

In dünnen, bei Raumtemperatur auf Kollodium aufgedampften und nach dem Ablösen bei etwa 600 ° geglühten Eisenschichten findet eine Sammelkristallisation statt, bei der sich mit zunehmender Schichtdicke einzelne Tropfenkristalle, längere Kristallketten oder geschlossene Kristallschichten bilden. Bei dieser Glühtemperatur sind die entstandenen Kristalle noch so dünn, daß sie von 80 kV-Elektronen gut durchstrahlt werden. Daher können Korngrenzenstrukturen unmittelbar beobachtet und in einzelnen Fällen mit Versetzungsanordnungen in Verbindung gebracht werden.

L. REIMER (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Elektronenmikroskopische und magnetische Untersuchungen an kathodenzerstäubten Nickelschichten.*

An kathodenzerstäubten Nickelschichten verschiedener Schichtdicke sind Messungen der magnetischen Eigenschaften und des elektrischen Widerstandes durchgeführt worden. Die Struktur der Schichten wurde mit Elektronenmikroskopie und -beugung in Abhängigkeit von der Temperaturbehandlung untersucht. Die Untersuchungen zeigen, daß im Herstellungszustand eine hexagonale Nickelmodifikation vorliegt, die bei Erwärmung auf höhere Temperaturen in die kub.-flächenz. Form übergeht. Im Zwischenzustand wird ein Gemisch aus hex. und kub. Nickel gefunden. Die Sättigungsmagnetisierung steigt mit der Ausbildung der kub. Form an. Wesentliche Änderungen in der Form der Magnetisierungskurve werden dabei nicht beobachtet. Die hex. Nickelschichten zeigten selbst bei -190 ° keinen nachweisbaren Ferromagnetismus.

L. REIMER (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Ein experimenteller Beitrag zur Thermokraft dünner Aufdampfschichten.*

Von Justi, Kohler und Lautz ist eine Theorie zur Änderung der Thermokraft bei abnehmender Schichtdicke aufgestellt worden. Zur Prüfung dieser theoretischen Überlegungen wurden Messungen an mehreren Metallaufdampfschichten bis herunter zu möglichst geringen Schichtdicken durchgeführt. Die untere Grenze der Schichtdicke ist wegen des zunehmenden elektrischen Widerstandes durch die Nachweisgrenze der Kompensationsschaltung gegeben. Die Messungen wurden im Hochvakuum durchgeführt, so daß die Schichten nicht mit Luft in Berührung kamen. Im Allgemeinen nimmt der Absolutbetrag der Thermokraft ab. An Nickel- und Wismutschichten ändert die Thermokraft dagegen bei sehr dünnen Schichten das Vorzeichen. Die Untersuchungen an insgesamt 7 verschiedenen Metallen lassen keine gemeinsame Gesetzmäßigkeit erkennen.

W. WEPNER (MPI f. Eisenforsch. Düsseldorf): *Zur Kinetik der Ausscheidungsvorgänge in Eisen-Kohlenstoff-Legierungen nach schwacher plastischer Verformung.*

An Reinst Eisenproben mit zusätzlich weniger als 0,02 % Kohlenstoff wurde das Zeitgesetz der Ausscheidung ohne und nach geringer plastischer Verformung bis zu 5 % mit Hilfe von Dämpfungsmessungen bei Versuchs-

temperaturen von 38 und 80 °C untersucht. Die unverformten Proben zeigten das Zeitgesetz der Karbidausscheidung, die um 5% verformten Proben das *Cottrellsche* Zeitgesetz für die Kohlenstoffaufnahme durch Versetzungen. Die Ausscheidung in den schwach verformten Proben erfolgte anfänglich nach dem zuletzt genannten Zeitgesetz, dann nach dem der Karbidausscheidung. Die Ergebnisse lassen sich als nebeneinander erfolgende Kohlenstoffwanderung zu den Versetzungen und Karbidausscheidung deuten, wobei infolge der größeren Anlaufzeit des zweiten Teilvorganges dieser erst merklich zu werden beginnt, wenn der erste nahezu abgeschlossen ist. Aus den Zeitkonstanten des ersten Teilvorganges wurden Versetzungskonzentrationen berechnet und die von den Versetzungen aufgenommene Kohlenstoffmenge bestimmt. Proben, deren Kohlenstoffgehalt unter dieser Menge lag, zeigten entsprechend den entwickelten Vorstellungen nur das *Cottrellsche* Zeitgesetz.

E. KAPPLER und R. VOGEL (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Kegel- und Kugeldruckhärte und deren Abhängigkeit von dem Material des Eindringkörpers.* (Vorgetr. von R. Vogel)

Der Vergleich von Kegel- und Kugeldruckhärten an verschiedenen metallischen Werkstoffen ergibt folgendes: Bei Berücksichtigung der äußeren Reibung ergeben sich gleiche Härtewerte, wenn beim Kugel- und Kugeleindruck die Öffnungswinkel übereinstimmen. Es wird über den Einfluß der elastischen Eigenschaften des Kegel- und Kugelmaterials auf die *Meyer-Härte* und auf die von E. Kappler eingeführte Härte berichtet.

E. KAPPLER und W. FRIE (Phys. Inst. d. Univ. Münster): *Röntgenographische Untersuchungen über mehrere Arten von Eigenspannungen III. Art bei grobkristallinem Aluminium.* (Vorgetr. von W. Frie)

Mit einer von E. Kappler und R. Mock angegebenen Anordnung lassen sich drei Arten von Eigenspannungen III. Art unterscheiden.

1. Die von G. Masing und J. Raffelsieper diskutierten Eigenspannungen, die auch bei Einkristallen auftreten, erholen sich bei 150 bis 200 °C.

2. Die homogenen Spannungen (Eigenspannungen II. Art) haben an den Korngrenzen inhomogene Übergänge zum Nachbarkorn. Die Erholung dieser „Korngrenzspannungen“ bei 300 bis 400 °C ist manchmal von „Polygonisation“ begleitet.

3. Es bleibt eine Restlinienverbreitung übrig, die sich möglicherweise als Ausscheidungsverfestigung infolge Verunreinigungen deuten läßt und sich erst durch Rekristallisation bei 400 °C erholt, da der Reinheitsgrad der Proben nur etwa 99,85.% war.

W. PRIGGE (Braunschweig): *Untersuchungen zum Brinellschen Kugeldruckversuch.*

Aus den geometrischen Verhältnissen beim *Brinellschen* Kugeldruckversuch mit endlicher Eindringtiefe wurde für rein elastisches Verhalten eine funktionale Beziehung zwischen der Prüfkraft, dem Radius der Eindruckkalotte, der elastischen Annäherung der beiden Kontaktkörper und den Elastizitätskonstanten gewonnen:

$$P_{el} = (256/63) \chi \frac{a \alpha_{el}}{\vartheta_1 + \vartheta_2}$$

[ $a$  Radius der Eindruckkalotte;  $\alpha_{el}$  elastische Annäherung von Probe und Kugel;  $\vartheta = 4(1 - \nu^2)/E$ ,  $\nu$  Poissonkonstante,  $E$  Elastizitätsmodul; 1,2 Indizes



zur Unterscheidung von Probe und Kugel;  $\chi = \chi(\nu, a, a_{el}, a_{ges}, \vartheta_1, \vartheta_2)$ ,  $a_{ges}$  gesamte Annäherung von Probe und Kugel].

Bei der Anwendung dieser „elastischen Kontaktformel“, die in erster Näherung bis auf einen Zahlenfaktor mit der Formel von H. Hertz übereinstimmt, auf Meßergebnisse zeigen sich Diskrepanzen. Die errechnete Prüfkraft liegt stets unterhalb der gemessenen. Fügt man zur errechneten Prüfkraft noch den Anteil

$$P_{pl} = \Sigma \cdot F$$

[ $\Sigma$  Fließspannung des Probematerials;  $F$  Druckfläche — in erster Näherung gleich der Oberfläche der Eindruckkalotte —] hinzu, so erhält man zwischen der errechneten und gemessenen Prüfkraft gute Übereinstimmung.

Für den plastisch elastischen Kugeldruckversuch gilt damit mit guter Näherung:

$$P = P_{pl} + P_{el}.$$

## Nachmittag

### Gemeinsame Sitzung: Zusammenfassender Vortrag

O. KRISEMENT (MPI f. Eisenforsch. Düsseldorf): *Die Korrelation der Leistungselektronen in der Elektronentheorie der Metalle.*

Durch die Coulomb-Felder der einzelnen Elektronen wird in einem Elektronengas eine Korrelation bewirkt, die für viele Eigenschaften, die durch die Leitungselektronen in den Metallen hervorgerufen werden, von Bedeutung ist. Diese Korrelation wurde von Bohm und Pines nach der Methode der Plasmaschwingungen behandelt. Wigner untersuchte mit Hilfe einer Störungsrechnung dieselbe Fragestellung und erhielt für die Korrelationsenergie nahezu gleiche Werte wie Bohm und Pines. Eine Erweiterung des von Wigner benutzten Verfahrens gestattet es, eine engere Beziehung zwischen den beiden an sich grundverschiedenen Verfahren herzustellen. Der Einfluß der Korrelation auf die Gesamtwellenfunktion läßt sich mit einfachen Überlegungen beschreiben und ergibt die gemeinsame Grundlage für beide Theorien.

### 1. Parallelsitzung: Fachausschuß Akustik

E. LERCHE (Physiol. Inst. d. Univ. Münster): *Hörermüdung und Adaption im Tierexperiment* (Elektrophysiologische Untersuchungen am Innenohr).

Mit Hilfe eines neuartigen Verfahrens zur fortlaufenden Registrierung der Mikrofonpotentiale des Cortischen Organs in Effektivwerten wird die Frage nach dem Einfluß akustischer Belastungen auf die bioelektrische Empfindlichkeit der Rezeptoren, des ersten Gliedes der Erregungskette zwischen Innenohr und zentraler Hörbahn, tierexperimentell untersucht. Dabei ergibt sich folgendes: (1) Schwache Tonimpulse, die den linearen Aussteuerungsbereich des Ohres nicht überschreiten, haben keinen Einfluß auf die bioelektrische Empfindlichkeit der Rezeptoren. (2) Mittelstarke Tonimpulse, die das Ohr über die lineare Aussteuerungsgrenze hinaus belasten, ohne das Aussteuerungsmaximum zu erreichen, führen zu einer flüchtigen Empfindlichkeitsabnahme der Rezeptoren, die sich aber lediglich als Nacheffekt bemerkbar macht („Rezeptor-Adaption erster Ordnung“). (3) Starke Tonimpulse, die das Aussteuerungsmaximum des Ohres überschreiten, führen



im oberen Tonfrequenzbereich regelmäßig zu einer bioelektrischen Erschöpfung oder „Ermüdung“ der Rezeptoren. Im mittleren Tonfrequenzbereich rufen entsprechend starke Tonimpulse nur beim ausgeruhten Ohr oder bei extrem hohen Schallstärken eine Ermüdung hervor. Beim akustisch vorbelasteten Ohr tritt an die Stelle des Ermüdungseffektes ein ausgeprägter Adaptionseffekt („Rezeptor-Adaption zweiter Ordnung“).

Anhand der gewonnenen Meßergebnisse läßt sich zeigen, daß die Mehrzahl der am Menschen beobachteten Adaptionsercheinungen des Gehörs auf Vorgängen beruht, die sich an einem der Sinneszelle nachgeschalteten Glied der Erregungskette abspielen, während die Hörermüdung im wesentlichen von den Rezeptoren selbst ausgeht.

**H. TISCHNER und E. KEPPLER** (Inst. f. Schwingungsforsch. Tübingen): *Das Richtungshören von Stechmücken.* (Vorgetr. von H. Tischner)

Die Antennen von männlichen Stechmücken sind auf ungefähr 350 Hz, den Grundton des weiblichen Fluggeräusches abgestimmt. Die Resonanzfrequenz steigt etwa in dem gleichen Maße mit der Temperatur wie die Grundfrequenz des weiblichen Fluggeräusches. Der Abstand der beiden in den Kopf mündenden Antennen beträgt im Mittel 1 mm, die Wellenlänge des Schalles ungefähr 1 m, sodaß ein Phasen-Unterschied in der Bewegung der beiden Geißeln nicht feststellbar ist.

Die Untersuchungen des Mikrophon-Effektes bei männlichen Stechmücken der Art *Aedes aegypti* zeigen Kurvenformen der Schallspannung, die bei zeitlich sinusförmig verlaufender Bewegung der Antennen neben der ersten Harmonischen auch die zweite Harmonische enthält. Das Verhältnis der Amplitude von zweiter zu erster Harmonischer hängt von der Richtung der Schallwelle ab, welche die Antenne erregt. Zur Erfassung des Richtdiagramms wurde eine der beiden Antennen von einem elektromagnetischen Telefon angetrieben. Bei einem Winkel von  $0^\circ$  ist das Verhältnis praktisch Null; bei  $\pm 10^\circ$  hat es bereits einen Wert von 70 % erreicht und bei einem Winkel von  $90^\circ$  ist nur noch die zweite Harmonische vorhanden.

Für das Finden der Richtung genügt bereits eine Antenne, wie durch Verhaltensversuche nachgewiesen wurde. Die männliche Stechmücke folgt einem an ihr vorbeifliegenden Weibchen, indem sie die Flugrichtung jeweils so wählt, daß die zweite Harmonische der Schallspannung verschwindet. Die Natur hat in der Konstruktion des Hörorgans von Stechmücken einen mechanisch-elektrischen Wandler geschaffen, der in der Lage ist, die Richtung der Schallwelle auch bei großer Wellenlänge des Schalles zu bestimmen.

**H. CASPERS** (Physiol. Inst. d. Univ. Münster): *Akustische Weckreizmessungen im Tierexperiment.*

Der Weckeffekt knackfreier Tonimpulse wurde an nicht narkotisierten Ratten im gleichmäßig tiefen Schlaf mit besonderer Berücksichtigung des Weck-Schwellenschalldrucks, der Wecklatenz und -dauer sowie der Adaptationsercheinungen bei Reizwiederholungen gemessen. Als Kriterium der Weckreaktion diente die Desynchronisierung der bioelektrisch-corticalen Makrorhythmen. Die Versuche ergaben: (1) Innerhalb eines Tonfrequenzbereiches von 0,5 bis 12 kHz fällt der Weck-Schwellenschalldruck mit steigender Frequenz zunächst geringfügig, oberhalb 5 kHz jedoch steil von 98 ( $\pm 5$ ) auf 72 ( $\pm 3$ ) dB ab. (2) Bei einer Erhöhung des Schalldruckes oberhalb der Weckschwelle wird die mittlere Wecklatenz nach einer hyperbolischen Kurve von 660 auf 128 ms verkürzt. Umgekehrt steigt die Dauer des Weckeffektes spiegelbildlich zum Verlauf der Latenzkurve an. (3) Bei repetierten Reizungen mit Tonimpulsen konstanter Frequenz und Dauer nimmt

der Weckschwellenschalldruck mit der Zahl der verabfolgten Reize zu. Die Steilheit des Empfindlichkeitsverlustes hängt dabei von der Größe des Reizintervalles ab. Wiederholte Reizungen mit primär überschwelligen Schalldrücken verlängern zunächst die Wecklatenz auf 600 bis 700 ms. Wird der Schalldruck in Intervallen 20 bis 30 s stufenweise um jeweils 5 dB erhöht und wieder vermindert, so zeigt die Kurve der Wecklatenz einen typischen hysteresisartigen Verlauf. (4) Bei Reizungen mit Dauertönen konstanter Frequenz wird eine Weckreaktion sowohl durch den Beginn (on-Effekt) als auch durch das Abschalten des Reizes (off-Effekt) ausgelöst. Die Dauer des on-Effektes nimmt dabei mit der Überschwelligkeit des Schalldruckes zu. Bei konstantem Schalldruck wird sie mit steigender Schlaf tiefe verkürzt. Im mitteltiefen Schlaf leitet die als on-Effekt provozierte Weckreaktion meist innerhalb 1 min wieder in einen typischen Schlafrhythmus über.

**TH. LANGE** (Westfäl. Metall-Industrie GmbH, Lippstadt): *Die Frequenzen des Gehörs und der Stimme von Tieren.*

Es wird ein Überblick gegeben über die Frequenzbereiche, die von Tieren zur akustischen Information benutzt werden. Dazu wird aus der jeweiligen Hörfläche eine Schwerpunktsfrequenz gebildet, die sich (bei Säugern und Vögeln) auch aus anatomischen Messungen der Innenohrschnecke berechnen läßt. Deren Länge steigt mit der sechsten Wurzel aus dem Körpergewicht an. (Die Proportionalitätskonstante ist bei Säugern und Vögeln verschieden). Ein weiterer Zusammenhang besteht zwischen dem Frequenzschwerpunkt und dem Körpergewicht, der nach einem Gedanken v. Békésy [AKUST. Z. 9, 3, 1944] mit der Reichweite des Ohres begründet wird. Dann gestattet die Auswahl der benutzten Frequenzen Rückschlüsse auf die Schallausbreitung im Freien unter meteorologischen Bedingungen, die über sehr große Zeiträume gemittelt sind. Schließlich wird die günstigste Signalfrequenz in Abhängigkeit von der Reichweite behandelt.

## 2. Parallelsitzung: Hochvakuum, dünne Schichten, Festkörper

**H. G. NÖLLER** und **W. BÄCHLER** (E. Leybolds' Nachfolger, Köln): *Fraktionierung und Entgasung in Öldiffusionspumpen zur Erreichung extrem niedriger Totaldrucke.* (Vorgetr. von W. Bächler)

Der Trenngrad der Fraktioniereinrichtung wurde bei verschiedenen geometrischen Anordnungen des Siedekessels gemessen. Hierzu wurde eine Mischung von Tetrachlordiphenyl und Mineralöl verwendet. Die Konzentration des leichtflüchtigen Tetrachlordiphenyl in den drei Stufen der Pumpe wurde refraktometrisch bestimmt. Der Einfluß des Trenngrades sowie einer zusätzlichen Reinigung des Treibmittels durch Entgasen auf das Endvakuum wurde ermittelt. Eine wirksame Entgasung erfolgt in einer Pumpe, bei der das an den Wänden herablaufende Kondensat vor Erreichen des Siederaumes wieder aufgeheizt wird, sodaß die leichtflüchtigen Verunreinigungen des Öles von der Vorpumpe abgepumpt werden. Es ergibt sich, daß eine wirksame Fraktionierung und eine gute Entgasung stattfinden muß, um sowohl mit chemisch einheitlichen Treibmitteln (z. B. Narcoil 40) als auch mit Mineralölgemischen (z. B. Öl K) Totaldrucke von etwa  $10^{-7}$  Torr zu erreichen. Bei Beachtung besonderer Vorichtsmaßnahmen wie sorgfältige Reinigung des Rezipienten sowie Vermeidung der üblichen Gummi- oder Kunststoffdichtungen erreicht man wesentlich niedrigere Drucke. Auf diese Weise wurde bei Verwendung von Aluminium-Dichtungen und leitungswassergekühltem Ölfänger (Baffle) ein Totaldruck von  $3 \times 10^{-8}$  Torr gemessen (luftgeeichtes Ionisationsmanometer).



*E. KAPPLER und J. RASSOW (Phys. Inst. d. Univ. Münster): Die Einwirkung von Elektronenbeschuß und Glimmentladungen auf die Übergangsschicht auf Glasoberflächen. (Vorgetr. von J. Rassow)*

Die Messung der Änderung des Polarisationszustandes von linear polarisiert auf eine Glasoberfläche einfallendem und dort unter dem Brewster-Winkel reflektiertem Licht gestattet quantitative Rückschlüsse auf den mittleren Brechungsindex und die mittlere, sowie minimale Dicke der Übergangsschicht auf der Glasoberfläche.

Elektronenbeschuß beseitigt adsorbierte Oberflächenschichten und zerklüftet anschließend die Glasoberfläche, vermutlich unter Herauslösung gewisser Bestandteile des Glases, sodaß eine neue Übergangsschicht entsteht. Glimmentladungen entfernen zwar ebenfalls die von vornherein adsorbierten Fremdschichten, es entsteht jedoch gleichzeitig eine neue Oberflächenschicht (wahrscheinlich von geackten Kohlenwasserstoffen und Metallatomen der Kathode), die je nach den Versuchsbedingungen eine Dicke mit dem konstanten Endwert um 30 Å erreicht oder auch stetig zu weit größeren Werten anwächst. Die Begünstigung der Kondensation von Aufdampfschichten durch vorhergehende Glimmentladungen beruht vermutlich auf der Bekeimung der Glasoberfläche durch niedergeschlagene Metallatome der Kathode.

*K.-J. HANSZEN (PTB Braunschweig): Der Einfluß von Fremdschichten auf die Struktur dünner Metallaufdampfschichten beim Tempern im Hochvakuum.*

Als Fortsetzung früherer Untersuchungen [Z. NATURFORSCH. 11a, 878, 1956] wurden die Temperungsversuche an 100 Å dicken, bei  $5 \cdot 10^{-5}$  Torr kondensierten Silberschichten auf höhere Temperaturen ausgedehnt. Elektronenmikroskopische Aufnahmen zeigen, daß bereits unterhalb 800 °C eine vollständige Verdampfung des Silbers unter Zurücklassung sehr dünner Oberflächenhüllen auftritt, insbesondere auch dann, wenn die Schichten nicht mit der Atmosphäre in Berührung gekommen sind. Hiermit ist das Vorhandensein der Fremdschichten unmittelbar nachgewiesen, die sich während der Kondensation und der nachfolgenden kurzzeitigen Lagerung im Hochvakuum, vermutlich aus den von den Dichtungen usw. herrührenden Kohlenwasserstoffen, auf den Aufdampfschichten bilden und die für deren Instabilität beim Tempern verantwortlich sind. Daß das Zusammenlaufen der Aufdampfschichten bei Temperaturbehandlung nicht in ausschlaggebendem Maße durch die „Schmelzpunktniedrigung kleiner Tröpfchen“ verursacht wird, konnte durch Elektronenbeugungsaufnahmen belegt werden, die bis kurz unterhalb der Temperatur, bei der die restlose Verdampfung des Silbers eintritt, Kristallgitterinterferenzen zeigen.

Silberschichten, die vor dem Tempern im Elektronenstrahl mit „Kohle“ kontaminiert waren, hinterlassen nach ihrer vollständigen Verdampfung Rückstände, deren Struktur auf eine Wanderung von Fremdstoffen längs der verdampfenden Oberflächen hinweist. Aus weiteren Einzelheiten der Aufnahmen kann auf einen bei der Verdampfung auftretenden Substanzverlust der stehenbleibenden Hüllen geschlossen werden. Die Fremdschichten scheinen also mittelbar an der Verdampfung beteiligt zu sein.

Das Zusammenlaufen oxydulbehafteter Kupferdampfschichten tritt genau in dem Temperaturbereich ein, in dem die Reduktion der Oxydulschicht in Gang kommt. Nach zusätzlichem Aufbringen von reduzierenden Kohlebedeckungen treten die genannten Schichtveränderungen bereits bei niedrigeren Temperaturen auf.

## Gemeinsame Sitzung: Zusammenfassender Vortrag

H. BITTEL (Inst. f. Angew. Phys. d. Univ. Münster): *Schwankungserscheinungen bei der Elektrizitätsleitung in Festkörpern.*

Das Wärmerauschen eines Widerstandes ist eine Erscheinung, die zwangsläufig aus der Brownschen Bewegung folgt. Es wird gezeigt, wie sich aus der gaskinetischen Unruhe eines Galvanometers die Nyquist-Formel ergibt. Allgemeine Überlegungen dieser Art sind jedoch nicht mehr anwendbar, wenn man das Rauschen eines Leiters betrachtet, der von einem Gleichstrom durchflossen wird. Man beobachtet dann eine Erhöhung der Rauschspannung gegenüber dem unbelasteten Zustand, das sog. Stromrauschen. Der Zusammenhang dieser Erscheinung mit Schwankungen der Trägerzahl wird dargestellt [G. B. Herzog und A. van der Ziel, PHYS. REV. 84, 1249, 1951; R. H. Mattson, A. van der Ziel, J. APPL. PHYS. 24, 222, 1953; H. Bittel, NACHR. TECHN. Z. Beiheft 2, 108, 1955; R. L. Petritz, PHYS. REV. 104, 1508, 1956; F. L. Lummis und R. L. Petritz, PHYS. REV. 105, 502, 1957]. Durch einen solchen Mechanismus läßt sich jedoch das Rauschen mit  $1/f$ -Spektrum nicht erklären. Auf die bisherigen Deutungsversuche des  $1/f$ -Rauschens durch Diffusionsvorgänge [G. G. Macfarlane, PROC. PHYS. SOC. 59, 366, 1947 und (B) 63, 807, 1950; L. BESS, PHYS. REV. 91, 1569, 1953 und 103, 72, 1956] sowie durch rein elektronische Vorgänge an der Probenoberfläche [R. E. Burgess, BRIT. J. APPL. PHYS. 6, 185, 1955; F. J. Hyde, PROC. PHYS. SOC. (B) 69, 242, 1956; A. L. McWhorter, PHYS. REV. 98, 1191, 1955] wird hingewiesen. Anhand von Messungen an metallischen Leitern, die trotz höchster Belastung (bis  $5000 \text{ A/mm}^2$ ) bei hohen Frequenzen kein Stromrauschen zeigen [H. Bittel und K. Scheidhauer, Z. ANGEW. PHYSIK 8, 417, 1956] wird auf die allgemeine Bedeutung des Wärmeaustausches im Innern der Probe sowie mit der Umgebung hingewiesen. Die Gleichstrombelastung führt zu einem dauernden Energietransport, der elektrische Schwankungen verursachen kann, sofern man bei Frequenzen beobachtet, die nicht mehr groß sind gegen den reziproken Wert der kleinsten in der Probe vorkommenden thermischen Zeitkonstanten.

## Gemeinsame Sitzung: Elektrizitätsleitung, Elektronik

H. G. FELLER, TH. HEUMANN und H. WEVER (Inst. f. Phys. Chemie, Münster): *Elektrolytische Überführung in der  $\alpha$ -Phase des Systems Ag-Zn.* (Vorgetr. von H. Wever)

Der Fluß eines elektrischen Stromes hat nicht nur in Elektrolyten, sondern auch in festen Metallen und Legierungen einen Materialtransport zur Folge. Dieser ist bei mehreren Komponenten nach Größe und Richtung durch unabhängige Überführungszahlen jeder Einzelkomponente gegeben, die charakteristisch für die betreffende Legierung sind. In der  $\alpha$ -Phase des Systems Ag-Zn betragen diese partiellen Überführungszahlen bei  $570^\circ\text{C}$  und einer Stromdichte von  $6 \text{ Amp/mm}^2$  für Ag etwa  $6 \times 10^{-7}$ , für Zn etwa  $3 \times 10^{-7} \text{ g-Ion/F}$ . Beide Komponenten wandern zur Anode. Die Überführung ist eine Funktion der Stromdichte. Eine Diskussion des Ergebnisses an Hand neuester Diffusionsdaten zeigt, daß die treibende Kraft der Feldkraft entgegengerichtet ist und diese um ca. 2 Zehnerpotenzen übersteigt. Es dürfte sich dabei, wie von uns schon früher angenommen, um eine Impulsübertragung speziell auf die fehlgeordneten Gitterbausteine handeln, hervorgerufen durch die Streuung der Elektronen des Elektronengases.



TH. HEHENKAMP (Inst. f. Phys. Chemie Münster): *Zur Frage der elektrolytischen Überführung in Hartmetallen auf Grund thermoelektrischer Ausgleichsströme.*

Wie eingehende Untersuchungen zeigten, tritt zwischen verschiedenen temperierten Berührungsstellen von Hartmetallen mit anderen metallischen Werkstoffen ein innerer Ausgleichsstrom auf, der bei höheren Temperaturen einen elektrolytischen Materialtransport im Hartmetall zur Folge hat. Die Versuche wurden an Drehmeißeln durchgeführt. Durch Auswerten der Ergebnisse nach einer unter diesen Voraussetzungen durchgeführten Rechnung kann der Überführungskoeffizient der benutzten Hartmetalle abgeschätzt werden. Sein Wert liegt in der Größenordnung  $10^{-7}$  mm<sup>3</sup>/A s bei den Hartmetallen L3 und L4. Gleichzeitig wird ein elektrisches Ersatzschaltbild des im Schnitt stehenden Drehmeißels angegeben und auf die besondere Bedeutung von Zundererscheinungen an den Kontaktflächen für die Messung des Überführungskoeffizienten hingewiesen.

U. ROTHGORDT (Inst. f. Angew. Phys. d. Univ. Kiel): *Über die Ursache von Störspannungen an Unterbrecherkontakten für die Gleichspannungsverstärkung bis zu  $2 \times 10^{-10}$  Volt.*

Bei dem Studium der Möglichkeiten zur Verstärkung von Gleichspannungen durch Kroebe und seine Schüler mit dem von ihm angegebenen Kristallkontaktunterbrecher hatten sich durch Gleichspannung nicht kompensierbare Störspannungen gezeigt. Eingehende Untersuchungen bewiesen die Existenz von Störwechselspannungen, die in starrer Phasenbeziehung zur Unterbrecherfrequenz standen. Die Ursache dieser Störspannungen ist in den Kontaktdruckschwankungen [Brehm, AEG-Mitt. 1951] bei gleichzeitigem Auftreten von Temperaturdifferenzen zwischen den Kontaktgliedern zu suchen. Nach Bridgman [The Physics of High Pressure, 1. Aufl. 1931] ist in abschnittsweise druckbelasteten einmetallischen Kreisen eine Thermospannung zu erwarten, die bei vielen Metallen wie z.B. Au, Ag und Pt proportional der Druckdifferenz der Abschnitte und proportional der Temperaturdifferenz zwischen den Berührungsstellen der verschiedenen Abschnitte ist. Bei stetig sich änderndem Druck wird

$$u_{th} = K \oint T dp$$

mit  $K_{Au} = 5 \times 10^{-12}$  [V cm<sup>2</sup>/grad kp]. Die experimentellen Ergebnisse zeigten größenordnungsmäßige Übereinstimmung mit dieser Theorie.

Darüber hinaus konnte durch eine Phasendetektorschaltung erreicht werden, daß die oben beschriebenen phasenstarrten Störspannungen kompensiert wurden, sodaß es gelang, Gleichspannungen von Quellen niedrigen Innenwiderstandes bis zu  $2 \times 10^{-10}$  V herab zu registrieren.

W. KROEBEL (Inst. f. Angew. Phys. d. Univ. Kiel): *Zum Problem der Bildgütecharakterisierung von Fernsehbildern.*

Auf Grund der Meßergebnisse aus den Dissertationsarbeiten von Arp u. Baurmeister und Springer kann man die Erkennbarkeit kleiner Objekte in einem mathematisch geschlossenen Ausdruck quantitativ wiedergeben. Aus ihnen läßt sich einerseits eine physikalischer Messung zugängliche und auf die Beurteilung von Fernsehbildern anwendbare Charakterisierung der Bildgüte gewinnen und lassen sich physiologische Aussagen über die Voraussetzung zur Gültigkeit des gefundenen Zusammenhanges für den Augenapparat angeben.

F. ARP (Inst. f. Angew. Phys. d. Univ. Kiel): *Messungen zur Beurteilung der Erkennbarkeit kleiner Objekte bei optischer Projektion.*

Unter Anwendung eines besonderen Testverfahrens kann die Erkennbarkeit kleiner Objekte quantitativ erfaßt und mit den mit der Erkennbarkeit in funktioneller Beziehung stehenden übrigen Meßgrößen in Kurvenscharen dargestellt werden, denen ein allgemein gültiges Gesetz zugrunde liegt. Die Exaktheit der Gültigkeit der Meßergebnisse wird diskutiert.

H. BAURMEISTER (Inst. f. Angew. Phys. d. Univ. Kiel): *Messungen zur Beurteilung der Erkennbarkeit kleiner Objekte bei ihrer Wiedergabe als Fernsehbild über ein Fernsehübertragungssystem.*

Das von Arp angewandte Testverfahren wurde auf die Messung der Erkennbarkeit kleiner Objekte angewandt, die mittels eines Fernsehübertragungssystems auf dem Schirmbild einer Fernsehröhre als bewegte Objekte beobachtet werden. Die Ergebnisse zeigen charakteristische, auf die Eigenschaften der Fernsehübertragung und Wiedergabe zurückzuführende Abweichungen gegenüber den von Arp bei rein optischer Projektion bei bewegten kleinen Objekten erhaltenen Ergebnissen.

K. SCHLICHTING (Inst. für Angew. Phys. d. Univ. Kiel): *Die Frequenzteilung bei hohen Teilverhältnissen und hohen Frequenzen und ihre Realisation.*

Es wird über Untersuchungen der Voraussetzungen für harmonische Frequenzteilungen berichtet und die Ergebnisse auf die Erzielung hoher Frequenzteiler-Verhältnisse bei hohen Frequenzen angewandt.



*Gemeinsame Sitzung: Zusammenfassender Vortrag*

G. LAUTZ (Inst. f. Techn. Phys. d. TH Braunschweig): *Neue Beobachtungen an Halbleitern im Tieftemperaturgebiet.*

Die elektrischen Leitungsvorgänge in Halbleitern werden bei tiefen Temperaturen vornehmlich durch Art und Zahl der Störstellen beeinflusst. Systematische Versuche sind daher erst sinnvoll geworden, nachdem seit wenigen Jahren die Technologie der Einkristallherstellung so weit entwickelt worden ist, daß definierte Störstellen in Konzentrationen  $< 10^{-6}$  präparativ erzeugt werden konnten. Die für diese Stoffe zu erwartenden Temperaturabhängigkeiten des elektrischen Widerstandes, der *Hall*-Konstanten und der magnetischen Widerstandsänderung werden vom Verf. im Rahmen der einfachen Bändermodelle diskutiert. Experimentell beobachtete Abweichungen von diesem Verhalten zeigen, daß bei Temperaturen unter  $20^\circ\text{K}$  neue Effekte den Leitungsmechanismus beeinflussen. So ist es z. B. beim Ge, InSb und einigen anderen Substanzen möglich, daß die Ladungsträger direkt von einer Störstelle zur anderen übergehen, ohne erst in das Leitungsband aktiviert zu werden. Theoretische Schwierigkeiten bei der quantitativen Erfassung dieser Störbandleitung werden im Zusammenhang mit neueren Arbeiten von *Conwell*, *Mott* und *Aigrain* erläutert. Als weiteren typischen Tieftemperatureffekt diskutiert der Verf. den Einfluß einer Quantisierung der Elektronenbahnen im Leitungsband auf die Transporterscheinungen im Elektronengas. Theoretische und experimentelle Arbeiten lassen erkennen, daß die magnetische Widerstandsänderung erhebliche Abweichungen vom normalen Verhalten zeigt und z. B. negative Werte annehmen kann oder z. B. oszillatorische Anteile in der Feldstärkeabhängigkeit auftreten können. Die bedeutsamste Anwendung der Tieftemperaturphysik in der Halbleiterforschung ist bei der Untersuchung der Zyklotronresonanzen gegeben, die erstmalig eine direkte Bestimmung der scheinbaren Massen der Ladungsträger ermöglichen. Nach einer ausführlichen Diskussion der experimentellen Methodik werden die Folgerungen aus den Versuchsergebnissen in Bezug auf die elektronische Bandstruktur am speziellen Beispiel des n-Ge eingehend beschrieben.

*Gemeinsame Sitzung: Einzelvorträge*

R. MATEJEC (Wiss. Photogr. Lab. d. AGFA AG Leverkusen): *Leitfähigkeitsmessungen an Halogensilberkristallen.*

Es wurde die elektrische Störleitung von verschiedenen vorbehandelten, reinen oder auch mit definierten Fremdstoffzusätzen versehenen Einkristallen im Temperaturbereich von  $-183^\circ\text{C}$  bis  $+20^\circ\text{C}$  genauer untersucht. Wenn man den Logarithmus der gemessenen Leitfähigkeit gegen  $1/T$  aufträgt, so erhält man eine Störleitungskurve, welche man in eine Reihe von geradlinigen Teilkurven zerlegen kann; eine dieser Teilgeraden konnte der Wanderung der Silberionenlücken ( $\text{Ag}^-$ ), eine andere der Wanderung der Zwischengittersilberionen ( $\text{Ag}^+$ ) zugeordnet werden. Die Neigung der einzelnen Teilgeraden ergibt direkt die für die Wanderung der entsprechenden Störstellensorte erforderliche Aktivierungsenergie, während die Absolutlage der Teilgeraden ein Maß für die entsprechende Störstellenkonzentration ist. Man hat damit eine elegante Methode, Änderungen der ( $\text{Ag}^-$ - und der

(Ag<sup>+</sup>)-Konzentrationen in den Halogensilberkristallen durch photochemische Reaktionen, durch Fremdstoffzusätze usw. zu untersuchen sowie auch die Einstellung von Fehlordnungsgleichgewichten, an denen die Störstelle (Ag<sup>+</sup>) und (Ag<sup>+</sup>) beteiligt sind, zu verfolgen.

Daneben konnten noch geradlinige Teilkurven aufgefunden werden, welche elektronischen Störtermen zuzuordnen sind (Störterme, welche erst durch Belichtung mit Elektronen besetzt werden und auch solche, die durch Einbau von S<sup>2-</sup>-Ionen im Kristall entstehen). Es wurde ferner der Nachweis gebracht, daß aus dem Halogensilberkristall Zwischengittersilberionen an Silberkeimen adsorbiert werden und daß beim photographischen Elementarprozeß die im Halogensilberkristall gebildeten Photoelektronen praktisch nur mit solchen an Ag-, Ag<sub>2</sub>S- und Au-Reifkeimen adsorbierten Silberionen unter Silberbildung kombinieren können.

Außerdem wurde für Halogensilberkristalle, die sich im Kontakt mit einer wäßrigen Lösungsphase befinden, ein Gleichgewicht zwischen der Konzentration der Zwischengittersilberionen im Kristall und der Konzentration der in der wäßrigen Phase gelösten Silberionen nachgewiesen.

W. RUPPEL, H. J. GERRITSEN und A. ROSE (Labor. RCA Ltd. Zürich): *Leitfähigkeits-Abklingprozesse in isolierendem ZnO*. (Vorgetr. von W. Ruppel)

Es ist bekannt, daß sich in ZnO im Gleichgewicht mit umgebender Sauerstoff Verarmungsrandschichten auf Grund negativer chemisorbierter Sauerstoffionen bilden. In ZnO-Pulver mit einer Korngröße um  $10^{-3}$  cm erstrecken sich diese Verarmungsschichten über das ganze Volumen jedes Kornes und machen es zum Isolator. Das Adsorptionsgleichgewicht stellt sich nur sehr langsam in Stunden und Tagen ein, weil die Elektronen nur langsam über den Potentialberg der Randschicht hinübergelangen, um den Sauerstoff als Ion an die Oberfläche zu binden. Man kann diese Zeit aber erheblich verkürzen, wenn man das ZnO-Pulver einer negativen Koronaentladung in Luft aussetzt. Die negativen Sauerstoffionen der Entladung bilden nämlich einen sperrenden Kontakt mit dem ZnO, und die freien Elektronen im ZnO fließen unter dem Einfluß des elektrischen Feldes ab. Ihre Lebensdauer ist hierbei gleich der Laufzeit durch das ZnO. Letztere liegt bei einer  $10^{-3}$  cm dicken Pulverschicht und — 100 Volt an der Oberfläche der Schicht bei  $10^{-9}$  s, während die Rekombinations-Lebensdauer der Elektronen  $10^{-4}$  s beträgt. Die Annäherung an das thermische Gleichgewicht wird durch die Koronaentladung also um das  $10^5$ fache beschleunigt. Wird die Koronaentladung über das Erreichen des thermischen Gleichgewichts hinaus fortgesetzt, so lädt sich die Schicht auf, wobei die Abklingzeit der Ladung einem spezifischen Widerstand des ZnO von  $10^{18}$  Ohm·cm entspricht. Messungen von Dielektrizitätskonstante und Photoströmen in ZnO-Pulver zeigen, daß es sich hierbei nicht um Kontaktwiderstände zwischen den einzelnen Körnern handelt.

F. KETTEL (Allg. Dt. Philips Ind. GmbH., Zentrallabor. Aachen): *Wärmeleitung in Germanium*.

Die Wärmeleitfähigkeit an eigenleitendem Germanium wurde im Temperaturbereich von Zimmertemperatur bis 1000 °K gemessen. Bei tiefen Temperaturen geht die Wärmeleitfähigkeit proportional mit  $1/T$ . Bei  $T = 300$  °K ist  $\lambda = 0,15$  cal/cm s grad. Von 600 °K an macht sich der elektronische Anteil der Wärmeleitfähigkeit bemerkbar. Die aus den Messungen bestimmte elektronische Wärmeleitfähigkeit zeigt den theoretisch zu erwartenden Temperaturverlauf.



G. HARBEKE und G. LAUTZ (Inst. f. Techn. Phys. d. TH Braunschweig):  
*Über die Temperaturabhängigkeit der Aktivierungsenergie in dreiwertigen Telluriden.* (Vorgetr. von G. Harbeke)

In Fortführung der elektrischen und optischen Untersuchungen an Metalltelluriden wird über Messungen der Ultrarotdurchlässigkeit von  $\text{Ga}_2\text{Te}_3$ - und  $\text{In}_2\text{Te}_3$ -Kristallen im Temperaturbereich von 20 °K bis 650 °K berichtet. Aus der Größe der Durchlässigkeit bei unterschiedlicher Probendicke läßt sich die Absorptionskonstante in Abhängigkeit vom  $h\nu$ -Äquivalent der auftretenden monochromatischen Strahlung berechnen. Die Temperaturbedingte spektrale Verschiebung dieser Kurven ist ein Maß für die Temperaturabhängigkeit der Breite der verbotenen Zone im Bändermodell des Halbleiters. Diese Größe ist im linearen Bereich beim  $\text{Ga}_2\text{Te}_3$   $-7,7 \times 10^{-4}$  eV/grad, beim  $\text{In}_2\text{Te}_3$   $-5,9 \times 10^{-4}$  eV/grad. Die Ergebnisse werden im Zusammenhang mit elektrischen Messungen diskutiert.

G. FINKE und G. LAUTZ (Inst. f. Techn. Phys. d. TH Braunschweig):  
*Durchschlageffekte in Germanium-Einkristallen im Helium-Temperaturgebiet.* (Vorgetr. von G. Finke)

Im Temperaturgebiet unterhalb 11 °K zeigen Germanium-Einkristalle schon bei Feldstärken von nur wenigen V/cm Durchschlageffekte. Dieser „Durchschlag“ ist auf eine Ladungsträgervielfachung durch Stoßionisation neutraler Störstellen zurückzuführen, wie aus der Abnahme der Hall-Konstanten mit steigendem elektrischen Feld und der Zunahme der Durchschlagsfeldstärke mit abnehmender Ladungsträgerbeweglichkeit folgt. Mit zunehmender Stoßionisation wächst die Zahl der ionisierten Störzentren im Ge-Kristall stark an. Experimentell ist in diesem Bereich eine entsprechende Abnahme der Elektronenbeweglichkeit mit steigendem elektrischen Feld beobachtbar. Ein transversales Magnetfeld hebt die Stoßionisation teilweise auf, da durch die Krümmung der Elektronenbahnen die Energieaufnahme aus dem elektrischen Feld zwischen zwei Zusammenstößen vermindert wird. Die Hall-Konstante und die Beweglichkeit nehmen daher mit wachsendem Magnetfeld annähernd die hohen Werte an, die in kleinen elektrischen Feldern ohne Stoßionisationseffekte auftreten. Eine völlige Unterdrückung des „Durchschlages“ ist aber auch in Feldern von 10 000 Gauß noch nicht ganz erzielbar. Die transversale magnetische Widerstandsänderung nimmt bei hinreichend tiefen Temperaturen exponentiell mit  $H/T$  zu und kann bei 250 Gauß für  $E > E_{kr}$  schon Werte von 2000 % erreichen. Deutungsmöglichkeiten für diese Beobachtungen im Rahmen der Leitungstheorie der Halbleiter werden diskutiert.

G. LAUTZ und E. TITTES (Inst. f. Techn. Phys. d. TH Braunschweig):  
*Zur Bestimmung der wahren magnetischen Widerstandsänderung von einwertigen Metallen bei tiefen Temperaturen.* (Vorgetr. von E. Tittes)

Die transversale magnetische Widerstandsänderung ist vom Material und von der geometrischen Form der Meßproben abhängig. Als Ursache für den Einfluß der Geometrie darf man die Feldverzerrung durch die senkrecht zum Strom und zum Magnetfeld auftretende Hall-Feldstärke ansehen. Da in einer zylindersymmetrischen Corbino-Anordnung in der Meßprobe keine Hall-Spannung auftreten kann, sind die magnetischen Widerstandsänderungen nunmehr nur noch reine Materialeigenschaften. Diese Zusammenhänge mit der geometrischen Dimensionierung sind für halbleitendes InSb von Weiß und Welker eingehend beschrieben worden. Ähnliche Untersuchungen an einwertigen Metallen bei sehr tiefen Temperaturen haben besondere Bedeutung, da nach der Typenlehre von Justi und Kohler die Sättigungstendenz der magnetischen Widerstandsänderung in starken Magnetfeldern

bei den 1-, 3-, 5-, 7-wertigen Metallen bei der normalen Meßanordnung durch den Hall-Effekt bedingt sein soll. Messungen an Corbino-Scheibe aus Cu und Au höchster Reinheit zeigen, daß auch bei einwertigen Metalle ein weiterer Anstieg der Widerstandsänderung über die Sättigungswert hinaus erfolgt und das Verhalten von Cu und Au in stärksten Feldern der der 2-, 4-, 6-, 8-wertigen Metalle mit ihrem Zweibänderleitungsmechanismus analog wird. Die Meßergebnisse werden mit einer Theorie von Kohler quantitativ gedeutet.

## Nachmittag

### Gemeinsame Sitzung: Zusammenfassender Vortrag

H. E. MÜSER (Inst. f. Angew. Phys. d. Univ. Münster): *Über Ergebnisse und Probleme der Ferroelektrizität.*

Analogien zum Ferromagnetismus / Lorentzscher Ansatz für das innere Feld / Curie-Weißsches-Gesetz / Hystereseschleifen für Ferroelektrika und Antiferroelektrika / Seignettesalz / Kaliumphosphat / Bariumtitanat und die Perowskitstruktur / Sulfate / Domänenstruktur und Wandverschiebungen bei Seignettesalz und Bariumtitanat / Theorien von Müller und Devonshire Ferroelektrische Keramik / Anwendungen.

### Gemeinsame Sitzung: Einzelvorträge

H. RÖMER und C. VON FRAGSTEIN (II. Phys. Inst. d. Univ. Köln): *Absorption feinteiliger Goldsole.* (Voretr. von H. Römer).

Es wurde die Absorption von Goldsolen, die nach der Keimmethode hergestellt waren, im Sichtbaren und Ultraviolett gemessen und mit den Ergebnissen der Mieschen Theorie verglichen. Die Bestimmung der Teilchengröße, die meist unter  $20 \text{ m}\mu$  lag, erfolgte elektronenmikroskopisch. Im Gegensatz zu Messungen an Solen mit größeren Teilchen, über die bereits früher berichtet wurde, zeigt sich eine deutliche und systematische Abweichung von den Aussagen der Mieschen Theorie. Durch Elektronenbeugungsanalysen wurde die kristalline Struktur der Goldteilchen und deren kompakter Aufbau wahrscheinlich gemacht. Die Möglichkeit einer Änderung der optischen Konstanten bei kleinen Teilchengrößen wird diskutiert.

P. BECKMANN (Inst. f. Theor. Phys. Münster): *Berechnung der Streuquerschnitte von Kugel und Zylinder unter Anwendung einer modifizierten Watson-Transformation.*

Bekanntlich ist der Streuquerschnitt eines großen Objektes annähernd gleich dem zweifachen geometrischen Querschnitt; im Falle der Kugel und des Zylinders hat es sich gezeigt, daß dieser Ausdruck bis auf Korrekturterme der relativen Größenordnung  $(ka)^{-2/3}$  ( $k$  Wellenzahl,  $a$  Radius) richtig ist. Der Zahlenwert dieser Korrekturglieder wurde erstmalig von Rubino und Wu [J. APPL. PHYS. 27, 1032, 1956] angegeben. Das Verfahren dieser Autoren war dabei nur auf die Berechnung des höchsten Korrekturglieds zugeschnitten. Durch Anwendung einer geeignet modifizierten Watson-Transformation läßt sich leicht die gesamte asymptotische Reihe berechnen. Sie schreitet nach fallenden Potenzen von  $(ka)^{2/3}$  fort. Zunächst wird die Reihendarstellung des Streuquerschnittes durch Zylinderfunktionen streng umgeformt in zwei rasch konvergente Integrale und eine ebenfalls gut konvergierende Residuensumme der Watsonschen Art; bei der Kugel ergibt sich zusätzlich ein vom Kugelradius unabhängiger Term. Der Beitrag der Residuensumme ist asymptotisch zu vernachlässigen; die übrigen Glieder liefern die asymptotische Reihe.



A. HINZEPETER (TH Hannover): *Meßverfahren für die Radioaktivität von Niederschlägen mit Ionenaustauscher.*

Für die Überwachung der atmosphärischen Radioaktivität auf Sr 90 mit normalen Labormitteln (Fensterzählrohr) bietet sich z. Zt. nur die Messung der  $\beta$ -Aktivität und Beobachtung ihrer momentanen Halbwertszeit. Aufgrund der ungestörten Zerfallskurve der Spaltprodukte ist der momentanen Halbwertszeit ein bestimmter Sr 90-%-Gehalt der Aktivität zugeordnet, der für den Fall der Vermischung von Spaltprodukten verschiedenen Lebensalters nur einen Minimalgehalt darstellt.

Aus Gründen der Meßgenauigkeit und der tragbaren Meßzeit ist eine Anreicherung der Aktivität in der Regenwasserprobe unvermeidlich. Für den Laborbetrieb hierfür geeigneter als die Eindampfmethode ist das Verfahren mit Ionenaustauscher, welches sich sogar im Praktikum durchführen ließe.

Zur Extraktion der Aktivität von 1 l Regenwasser werden 300 mg stark saures (Kationen-) Austauscherharz verwendet (Lewatit S 100 von Bayer-Leverkusen), dieses zu Teilchengrößen von 15 bis 75  $\mu$  gemahlen,  $\frac{1}{2}$  Stunde in 1 l Wasserprobe gerührt, abfiltriert und unter kaliumgeeichtem Fensterzählrohr gemessen. Bei einem Arbeitsgang finden sich 90 % der Aktivität im Austauscher. Meßergebnisse: Ionenaustauscher-Werte im Mittel 3 % höher als Eindampfungswerte.

Aus sechsmonatiger Messung der Niederschlagsaktivität von September 1956 bis März 1957 ergab sich eine spezifische Gesamtaktivität der Niederschläge in den ersten Tagen nach der Gewinnung um  $10^{-10}$  C/l im Monatsmittel und eine monatlich niedergeschlagene Gesamtaktivität von  $2 \times 10^{-9}$  C/m<sup>2</sup> bis  $9 \times 10^{-9}$  C/m<sup>2</sup> (März 57). In Großstadt-Wasserversorgungen wurden 1 bis  $2 \times 10^{-12}$  C/l gefunden.

H. FLUNKERT und H. E. MÜSER (Inst. f. Angew. Phys. d. Univ. Münster): *Der Einfluß der Vorgeschichte auf das dielektrische Verhalten und die Domänenstruktur des Seignettesalzes.* (Vorgetr. von H. Flunkert)

Für die Dielektrizitätskonstante des Seignettesalzes findet man unterhalb des Curie-Punktes bei Beachtung der üblichen Randbedingungen [Z. PHYS. 145, 621, 1956] nur dann reproduzierbare Werte, wenn man die bei Temperaturänderung auftretende Nachwirkung hinreichend beachtet. Ändert man die Temperatur eines abgelagerten Kristalls plötzlich um einige Grad, so nimmt die DK ihren stabilen Endwert mit einer Zeitkonstante an, die nach Temperaturerhöhung in der Größenordnung 80 Stunden, nach Temperatursenkung in der Größenordnung 20 Stunden liegt. Die Abweichung vom Endwert beträgt anfangs durchweg mehr als 10 %. Oberhalb des Curie-Punktes wurde keine Nachwirkung beobachtet. Überschreitet man den Curie-Punkt mehrfach kurz hintereinander, so steigt der im Curie-Punkt angenommene DK-Wert bei den ersten Durchläufen noch etwas an.

Die Nachwirkungserscheinungen sind wahrscheinlich auf ein Ausheilen von Spannungen zurückzuführen, die infolge der spontanen Deformation entstehen. An einigen Kristallplatten bleibt auch oberhalb des Curie-Punktes eine scheinbare Domänenstruktur polarisationsoptisch sichtbar. Es ist dies jedoch ein Bild mechanischer Spannungen, die die Ausbildung der echten Domänenstruktur unterhalb des Curie-Punktes beeinflussen.

I. WESTERBOER (Inst. f. Angew. Phys. d. Univ. Münster): *Eine Anordnung zur Untersuchung der zeitlichen Abhängigkeit aufeinanderfolgender Barkhausen-Sprünge.*

Die bei gleichmäßigem Feldanstieg an einer Induktionsspule auftretenden Spannungsimpulse werden auf Tonband registriert. Das Gerät zum

Abspielen trägt zwei Abhörköpfe, so daß die einem wählbaren zeitlichen Abstand entsprechenden Koinzidenzen gezählt werden können. Aus den Koinzidenzzahlen, die bei verschiedenen Abständen beobachtet werden, läßt sich das Verteilungsgesetz der zeitlichen Abstände ermitteln. Für die kleinsten zeitlichen Abstände tritt an die Stelle der Koinzidenzmessung eine Zählverlustmessung: die Impulse werden mit nur einem Hörkopf abgenommen, über einen Former mit wählbarer Impulsbreite geleitet und dann gezählt. Die Zunahme der Zählverluste bei Abläufen mit jeweils erhöhter Impulsbreite läßt auf die Häufigkeit von Abständen schließen, die gleich der eingestellten Impulsbreite sind. Die Ergebnisse beider Meßmethoden schließen aneinander an.

Durch statistisch unabhängige Impulsfolgen, die ein Rauschgenerator liefert, wird die Apparatur geprüft. Die von uns früher an Eisen-Nickel-Legierungen beobachteten Abweichungen aufeinanderfolgender *Barkhausen*-Sprünge vom statistisch unabhängigen Verhalten [*Jost*, Z. PHYS. 147, 520 1957] können bis zum kleinstmöglichen Impulsabstand verfolgt werden, der durch die Dauer des einzelnen Ummagnetisierungsvorgangs bestimmt ist. Die Messungen zeigen, daß Gruppen von *Barkhausen*-Sprüngen auftreten, die durch größere mittlere zeitliche Abstände voneinander getrennt sind. Innerhalb jeder Gruppe liegt ein teilweise gesteuerter Ablauf vor, bei dem ein zeitlicher Abstand besonders häufig auftritt, der durch die Abklingdauer von Wirbelströmen bestimmt wird.



## Physikertagung in Erlangen

### Physikalische Gesellschaft in Bayern

Im traditionellen Turnus fand die Tagung der Physikalischen Gesellschaft in Bayern für das Jahr 1957 am 22. und 23. Juni in Erlangen statt.

Punkt 1 des Tagungsprogrammes: Besichtigung von Laboratorien der Industrie war aus technischen Gründen bereits auf den Nachmittag des 21. Juni gelegt worden. Das weitere Tagungsprogramm umfaßte 39 Einzelvorträge, die wie üblich als Kurzvorträge über eigene Ergebnisse der Verfasser berichteten. Eine Ausnahme machte der aktuelle, zusammenfassende Bericht von Herrn *Schopper*: „Über die Nichterhaltung der Parität“.

Zur offiziellen Eröffnung der Tagung begrüßte der Vorsitzende, Herr *Trendelenburg*, die mehr als 300 Tagungsteilnehmer am Samstag, den 22. 6. im Vortragssaal der Siemens-Schuckertwerke. Er wies bei dieser Gelegenheit auf einige historisch interessante physikalische Ausgangspunkte technischer Entwicklungen hin. Die anschließenden Vorträge fanden am Samstag im Vortragssaal der Siemens-Schuckertwerke, am Sonntag im großen Hörsaal des physikalischen Instituts statt. Am Samstagabend versammelten sich die Tagungsteilnehmer in den schönen Räumen des Studentenhauses zum gemeinsamen Abendessen. Herr *Gerlach* hob dabei in einer Ansprache u. a. die historischen Qualitäten der Stadt Erlangen hervor. Bei der satzungsgemäßen Wahl in der Mitgliederversammlung am Sonntagvormittag wurde als Vorsitzender des Vorstandes Herr *Bopp* gewählt.

Die Firma Siemens-Schuckert trug durch großzügige Unterstützung wesentlich zum guten Gelingen der Tagung bei.

*E. Mollwo*, Erlangen

### SAMSTAG, DER 22. JUNI 1957

#### Vormittag

*H. HIERONYMUS* und *H. WEISS* (Forsch.-Labor. d. Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen): *Messung kleinster magnetischer Felder mit Hallgeneratoren.* (Voretr. von *H. Weiß*)

In den letzten Jahren wurden *Hall-Generatoren* aus InAs entwickelt, mit denen man leicht Magnetfelder oberhalb 0,1 Oe messen kann. Darüber hinaus ist es möglich, auch kleinste magnetische Gleichfelder bis herab zu  $10^{-5}$  Oe zu erfassen.

H. PFISTER (Forsch.-Labor. d. Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen): *Elektronenbestrahlung von p-n-Sperrschichten in GaAs.*

Es wird der Einfluß einer Elektronenbestrahlung auf p-n-Sperrschichten in Gallium-Arsenid untersucht und der Kurzschlußstrom bzw. die Leerlaufspannung in Abhängigkeit von der Strahlintensität gemessen. Bei Bestrahlung mit 45 kV-Elektronen ist der Kurzschlußstrom um den Faktor 7200 größer als der auffallende Elektronenstrom. Dem entspricht ein mittlerer Energiebedarf pro Ladungsträgerpaar von 6,3 eV. Die bei optimaler Anpassung abgegebene elektrische Leistung beträgt 8% der auffallenden Strahlintensität. Als Anwendung wird die Messung der Intensität von Elektronen-Beugungsdiagrammen besprochen.

H. A. SCHELL (Forsch.-Labor. d. Siemens-Schuckertwerke AG, Erlangen): *Ätzuntersuchungen an Halbleiterstoffen.*

Mit Hilfe der chemischen Ätzung läßt sich verhältnismäßig einfach und rasch ein Überblick über den Kristallbau gewinnen. Dadurch kann der Zusammenhang zwischen Herstellungsverfahren, Kristallbau und elektrischen Eigenschaften von Halbleiterstoffen verdeutlicht werden. Der Bau der Einkristalle wird bei den verschiedenen Herstellungsverfahren durch Spannungen verschiedener Art (hauptsächlich durch thermische Spannungen) beeinflusst. Als Baufehler kommen Versetzungen und Kleinwinkel-Korngrenzen in Betracht. Versetzungen lassen sich auf verschiedene Weise aufzeigen. Wir arbeiteten mit der chemischen Ätzung. Aus der Gestalt, der Anordnung und dem Verhalten der Ätzgruben wurde geschlossen, daß sie von Versetzungen herrühren. Mittels der Ätzung wurde die Verteilung der Versetzungen und das Auftreten von Kleinwinkel-Korngrenzen festgestellt. Untersucht wurden Germanium-Kristalle, die nach dem Czochralski-Verfahren unter verschiedenen Bedingungen hergestellt worden waren. Hohe Diffusionslänge der Minoritätsträger trat bei Kristallen auf, die niedrige Versetzungsdichte besaßen. Letzteres wurde nicht bei minimaler Ziehwachstums-) Geschwindigkeit, sondern bei einer mittleren Geschwindigkeit von 2 mm/min erreicht.

G. BOGNER und E. MOLLWO (Inst. f. Angew. Phys. a. d. Univ. Erlangen): *Herstellung von Zinkoxydkristallen mit definierten Zusätzen.* (Vorgetragen von G. Bogner)

Es wird über ein Verfahren berichtet, nach welchem Zinkoxydkristalle mit definierten Zusätzen aus der Dampfphase hergestellt werden können. Messungen über Zusatzkonzentration, Leitfähigkeit und Ultrarotabsorption an Kristallen, die mit Kupfer bzw. Indium dotiert sind, werden mitgeteilt.

H. RUPPRECHT (Inst. f. Angew. Phys. a. d. Univ. Erlangen): *Über Konzentration und Beweglichkeit von Elektronen in Zinkoxydkristallen mit definierten Zusätzen.*

Im Temperaturbereich von 65 °K bis 700 °K werden elektrische Leitfähigkeit und Hall-Effekt an Zinkoxydkristallen mit verschiedenen Fremdzusätzen gemessen. Es ergibt sich ähnliches Verhalten wie bei anderen Halbleitern, z. B. Germanium und Silizium. Die nach Konzentration und Beweglichkeit ausgewerteten Ergebnisse werden mit den bekannten theoretischen Vorstellungen verglichen. Es gelingt unter bestimmten Voraussetzungen einen Wert für die effektive Elektronenmasse abzuschätzen.

G. HEILAND (Inst. f. Angew. Phys. a. d. Univ. Erlangen): *Feldeffekt und Photoleitung an ZnO-Kristallen.*

Die Oberflächenleitung an ZnO-Kristallen kann durch ein zu Kristalloberfläche und Strombahn senkrecht elektrisches Feld reversibel beein-



lußt werden. Lichteinstrahlung in die Grundgitterabsorption führt zu einer reversiblen Zunahme des Oberflächenleitwertes. Beide Methoden werden unter den gleichen Versuchsbedingungen angewandt. Sie ergeben einen getzmäßigen Zusammenhang zwischen dem durch Gaseinwirkung oder Ausheizen im Vakuum eingestellten Oberflächenleitwert und seiner Änderung durch influenzierte bzw. lichtelektrisch befreite Ladungsträger. Aus diesem Zusammenhang werden Schlüsse auf Oberflächenzustände an den ZnO-Kristallen gezogen.

J. RUDOLPH (Osram-Studienges., Augsburg): *Über die Beeinflussung der elektrischen Leitfähigkeit von Barium-Strontiumoxyd durch Sauerstoff, Wasserstoff und Wasserdampf.*

Für Temperaturen etwa über 1000 °K steigt die Leitfähigkeit  $\sigma$  in O<sub>2</sub> mit dem Gasdruck  $p$  gemäß

$$\sigma = \text{const} \cdot p^{1/x}$$

mit  $x = 6$  bei einem Thermokraftvorzeichen für einen p-Leiter, in H<sub>2</sub> dagegen mit  $x = 4$  bei einem Vorzeichen entsprechend dem eines n-Leiters. Mit diesem Verhalten steht die Annahme im Einklang, daß O<sub>2</sub> bzw. H<sub>2</sub> im Kristall unter Beisteuerung zur Leitfähigkeit von 2 positiven Löchern pro O-Atom bzw. von einem Elektron pro H-Atom aufgenommen wird. Bei tiefen Temperaturen werden sowohl in O<sub>2</sub> wie in H<sub>2</sub> besonders in Gegenwart von etwas Wasserdampf starke Leitfähigkeitsanstiege beobachtet, die beim O<sub>2</sub> offenbar mit der Bildung von Peroxyd zusammenhängen. Die Annahme, daß der Einbau von H<sub>2</sub> bei hohen Temperaturen als Donator in der Form (OH · e) erfolgt, würde der von R. H. Plumlee [RCA-Rev. 17, 190 u. 231, 1956] auf Grund massenspektrometrischer Untersuchungen entwickelten Vorstellung über die Natur der auch für die Elektronenemission von (Ba,Sr)O maßgeblichen Donatoren entsprechen. Vorläufige Messungen zeigen einen Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Elektronenemissionsstrom  $J_e$  in H<sub>2</sub> im Sinne einer Zunahme von  $J_e$  mit etwa  $p^{0.5}$ .

P. WACHTER (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Fluoreszenz von ZnO bei Beschuß mit langsamen Elektronen.*

Es wurde untersucht, wie die Lumineszenz eines mit langsamen Elektronen beschossenen ZnO-Phosphors von der Energie der auftreffenden Elektronen abhängt, und zwar im Energiebereich zwischen 0 und 15 eV. Es konnte dabei festgestellt werden, daß der Phosphor noch durch Elektronen angeregt wird, deren Energie nur noch einige wenige Zehntel eV beträgt, was mit den Ergebnissen von R. E. Schrader und S. F. Kaisel übereinstimmt. Dies kann so erklärt werden, daß das Elektron beim Eintritt in das ZnO-Gitter die Austrittsarbeit des ZnO gewinnt und somit genügend Energie hat, das Leuchten anzuregen.

K. LUCHNER (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Über die Thermolumineszenz von natürlichem Flußspat.*

Die Thermolumineszenz eines Flußspates wird mit einer Apparatur, die in einem relativ großen Spektralbereich als Quantenzähler arbeitet, nach der Methode der konstanten Aufheizgeschwindigkeit (Glow-Kurve) untersucht. Die Glow-Kurve des Kristalles im natürlichen Anregungszustand besteht hauptsächlich aus einem Maximum bei ca. 400 °C, welches nach Ausheizen und verschiedenen Arten künstlicher Anregung nicht mehr auftritt. Dagegen erscheinen durch künstliche Anregung drei Maxima bei tieferer Temperatur. Die Ausheiztemperatur bestimmt das Ergebnis der Anregungserart, daß vermutet wird, daß die Haftstellen mit großer Bindungsenergie beim Ausheizen verschwinden und deshalb in der Glow-Kurve nicht mehr auftreten.

Die Dosisabhängigkeit der ausgestrahlten Lichtsumme besteht in einer anfänglichen Zunahme, Sättigung und Wiederabnahme mit steigender Dosis.

Eine Diskussion der Form der Glow-Kurven anhand der Theorie ermöglichte die Unterscheidung zwischen mono- und bimolekularem Leuchtmechanismus und die Abschätzung einiger Reaktionskonstanten.

M. SCHÖN (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Bemerkungen zur Theorie der Glow-Kurven.*

Es läßt sich zeigen, daß es zwei Typen von Glow-Kurven (Helligkeit der Thermolumineszenz in Abhängigkeit von der Temperatur bei konstanter Aufheizungsgeschwindigkeit) gibt. Bei monomolekularem Verhalten der angeregten Elektroden werden die Glow-Kurven durch die bereits von Randall und Wilkins angegebene Formel (jedoch mit erweiterter Bedeutung der Konstanten) beschrieben. Die beiden Typen der Glow-Kurven lassen sich besonders deutlich unterscheiden, wenn man statt der Helligkeit deren logarithmische Steilheit über der Temperatur aufträgt. Die Auswertung der Glow-Kurven wird einfacher, wenn man die reziproke Temperatur linear mit der Zeit abnehmen läßt.

H. LEIPFINGER (Phys. Inst. d. TH München): *Magnetische Tieftemperaturuntersuchungen an den metallischen seltenen Erden.*

Die Salze der seltenen Erden (S.E.) mit ihrer inneren unabgeschlossenen Schale sind spektroskopisch und magnetisch sehr viel untersucht, fast gar nicht die Metalle selbst. Es wurden deshalb im Tieftemperatur-Institut Herrsching reinste Proben aller erreichbaren S. E. magnetisch gemessen. Die Ergebnisse an Pr, Nd, Sm zeigen:

1. Nach dem Magnetismus sind die Gitterionen dieselben wie die der Salze.

2. Die Kristallfeldaufspaltungen sind geringer als bei den Salzen (Abbiegen der  $1/\chi(T)$ -Kurven von der Curie-Weiß-Geraden bei tieferen Temperaturen als bei den Salzen).

3. Nd befolgt bis etwa  $10^\circ\text{K}$  das reine Curie-Gesetz und wird bei  $6^\circ\text{K}$  antiferromagnetisch.

4. Sm gibt wegen des geringen Abstandes des nächsten Multiplettniveaus vom Grundzustand stark gekrümmte  $1/\chi(T)$ -Kurven.

J. HÖLZL (I. Phys. Inst. d. Univ. München): *Über die spezifische Wärme  $C_p$  antiferromagnetischer Mischkristalle  $\text{MnO-CoO}$ .*

Mit einem abgeänderten Nernst-Kalorimeter wurde zwischen Temperaturen  $100$  und  $300^\circ\text{K}$  die spezifische Wärme  $C_p$  antiferromagnetischer Mischkristalle  $\text{MnO-CoO}$  verschiedener Mischungsverhältnisse gemessen. Aus diesen Messungen ergab sich folgende Abhängigkeit der Néel-Temperatur  $T_N$  vom Mischungsverhältnis  $q$ :

$$T_N = Aq^2 + Bq + C;$$

Dieses Ergebnis konnte durch Erweiterung der Néel-van-Vleck'schen Molekularfeldtheorie auf Mischkristalle zwanglos gedeutet werden. Die in der van Vleck'schen Modell eingehenden Wechselwirkungsenergien konnten aus den Koeffizienten  $A$ ,  $B$ ,  $C$  berechnet werden.

O. BUHL† und L. SCHAUER (I. Phys. Inst. d. Univ. München): *Über den Dichroismus der polymeren Bande  $5790 \text{ \AA}$  von Pseudoisozyanin bei Adsorption an Glimmer.* (Vorgetr. von L. Schauer)

Pseudoisozyanin in wässriger Lösung zeigt bei Adsorption an Glimmer nach Scheibe Polymerisation, erkennbar an dem Auftreten einer Bande  $5790 \text{ \AA}$ . Extinktionsmessungen der polymeren Bande in polarisiertem Licht nötigen zu der Annahme, daß die Farbstoffmoleküle parallel zu den beiden



optischen Achsen des Glimmers orientiert sein müssen. Das komplementäre Verhalten der monomeren Bande 5300 Å bestärkt diesen Schluß. Zwischen den auf gegenüberliegenden Spaltflächen adsorbierten Molekülaggregaten besteht eine erhebliche Wechselwirkung, worauf die sehr viel geringere Extinktion an einer einzelnen Spaltfläche und die an dieser gemessene Rotverschiebung der polymeren Bande um 25 Å hinweist.

## Nachmittag

W. WAGNERBERGER (Physikalisches Institut der Universität Erlangen): *Elektrische Leitfähigkeit dünner Kaliumschichten.*

Optische Untersuchungen an dünnen Kaliumschichten zeigten, daß die Dichte der optisch wirksamen Metallelektronen stark von den Herstellungsbedingungen abhängt: tiefe Schichtträgertemperatur ergab fast die gleiche Elektronendichte wie kompaktes Material, höhere Temperatur jedoch wesentlich geringere. Dieser Unterschied in den Elektronendichten wurde am Verhalten der elektrischen Leitfähigkeit der bei verschiedenen Temperaturen des Hartglasträgers hergestellten Schichten nachgeprüft. Es zeigte sich, daß die Leitfähigkeit sehr stark von der Temperatur des Trägers abhängt, nicht aber von der Aufdampfgeschwindigkeit. Die Leitfähigkeit war z. B. bei 90 °K um 6 Zehnerpotenzen höher als bei 195 °K. Man schließt daraus, daß die bei verschiedenen Trägertemperaturen entstandenen Schichten sich in der Struktur unterscheiden. Dies steht in Einklang mit Arbeiten von H. Wegener [Z. PHYSIK 140, 473, 1955], wonach die Zahl der wirksamen Kondensationskerne auf dem Träger mit fallender Temperatur zunimmt. D. h. bei tiefen Temperaturen verteilt sich das aufdampfende Kalium auf eine große Anzahl winziger Kriställchen, während bei höheren Temperaturen weniger aber größere Kristalle entstehen. Ein Vergleich mit der Leitfähigkeit des kompakten Metalls ergab nach einer Theorie von J. J. Thomson [PROC. CAMBR. PHIL. SOC. 9, 120 1901] über die mittlere freie Weglänge der Elektronen in dünnen Schichten, daß die bei 90 °K und tiefer entstandenen Schichten bereits die Leitfähigkeit des kompakten Materials besitzen, die bei 195 °K entstandenen jedoch noch nicht. D. h. die elektrischen Messungen bestätigen die auf optischem Wege erhaltenen Ergebnisse.

H. MÜLLER (Phys. Inst. d. Univ. Erlangen): *Optische und elektrische Eigenschaften dünner Rubidiumsichten.*

Mit Hilfe eines Atomstrahls meßbarer Intensität wurden bei verschiedenen Trägertemperaturen Rubidium-Schichten mit definierter Wäugsdicke aufgedampft. Gemessen wurden die elektrische Leitfähigkeit und die optische Durchlässigkeit für  $E_{\text{paral.}}$  und  $E_{\text{senkr.}}$  im nahen UV und im Sichtbaren. Die Meßergebnisse lassen sich mit den Eigenschaften des kompakten Rubidium-Metalls deuten, wenn man zusätzlich eine von der Trägertemperatur beim Aufdampfen abhängige Auflockerung der Schichten annimmt.

Zur direkten Bestätigung der Auflockerung wird die optische Schichtdicke mit Hilfe eines neuartigen Verfahrens bestimmt. Aus dem Wellenlängenverlauf der beiden optischen Durchlässigkeiten erhält man mit Hilfe einer Stetigkeitsforderung die Schichtdicke und den Verlauf der zwei effektiven optischen Konstanten.

E. KRAUTZ und H. SCHULTZ (Osram-Studienges., Augsburg): *Über den Nachweis von Fremdstoffzusätzen in Wolframsinterstäben und -drähten mit Hilfe von Restwiderstandsmessungen.* (Vorgetr. von H. Schultz)

Der Restwiderstand von Wolfram wird durch plastische Verformung und durch gitterlösliche Fremdstoffe sehr empfindlich beeinflusst. Durch geeig-

nete Glühbehandlungen läßt sich der Einfluß der plastischen Deformation vom Einfluß der Fremdstoffe auf den Restwiderstand weitgehend trennen.

Metallische Zusätze erhöhen den Restwiderstand entsprechend der Norburyschen Regel um so stärker, je weiter im Periodischen System der Elemente das Zusatzmetall vom Wolfram entfernt liegt.

Auch Zusätze von Metalloxyden können den Restwiderstand von Wolfram stark beeinflussen. So zeigen z. B. W-Sinterproben mit Zusätzen von  $\text{Al}_2\text{O}_3$  stark erhöhte Restwiderstände. Offenbar wird bei den hohen Sintertemperaturen  $\text{Al}_2\text{O}_3$  reduziert und Al in das W-Gitter eingebaut.

P. JOOS (I. Phys. Inst. d. Univ. München): *Über die Mikrohärtigkeit von Glasoberflächen.*

Wird eine Glasoberfläche bei normalen Bedingungen unter geringerem Druck geritzt, so beobachtet man eine völlig glatte Ritzspur, unter Umstanden sogar Ritzlocken. Es findet in der Oberfläche bis zu etwa  $1\mu$  Tiefe eine plastische Verformung des im Kompakten ideal spröden Glases statt. Das Ritzen wurde nun im Vakuum nach Ausheizen der Glasprobe durchgeführt, wobei keine plastische Verformung stattfindet und die Ritzspur durch Brüche gekennzeichnet ist. Gibt man Wasserdampf wieder hinzu, so wird der ursprüngliche plastische Zustand der Oberfläche wiederhergestellt. Die Plastizität ist an das Vorhandensein von Wasser gebunden.

H. STILLER (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Innere Reibung und Folge eines Umordnungsvorganges.*

An der Dämpfung freier Torsionsschwingungen wird die innere Reibung in AgZn-Legierungen in Abhängigkeit von der Temperatur untersucht. Ein Maximum der Dämpfung tritt bei einer Konzentration von 30 Atom Proz. Zn sehr deutlich bei  $230^\circ\text{C}$  auf, bei 20 Atom-Proz Zn weniger deutlich bei  $265^\circ\text{C}$ . Bei 10 Atom-Proz. Zn tritt dieses Maximum nicht in Erscheinung. Der Effekt wird im Anschluß an einen Gedanken von Zener als die Folge einer von der angelegten Spannung bewirkten Umorientierung von Paaren von Zn-Atomen gedeutet. Das Zustandekommen einer paarweisen Kopplung unter den Zn-Atomen wird dabei mit dem Valenzunterschied zwischen Silber und Zink erklärt. Der Mechanismus der Umorientierung kann als ähnlich dem Mechanismus der Volumendiffusion angesehen werden.

CH. SCHWINK (II. Phys. Inst. d. Univ. München): *Einfluß einer Oxydschicht auf die Zugfestigkeit von Nickeldrähten.*

Nickeldrähte von  $0,5\text{ mm}\phi$  werden durch Glühung an Luft mit einer rund  $0,02\text{ mm}$  dicken Oxydschicht überzogen. Die Wirkung dieser Zunderschicht auf das Festigkeitsverhalten der Nickeldrähte bei Reckbeanspruchung wird mittels der elektronenoptischen Schattenmethode untersucht und durch nachfolgende Abätzung und Vergleich mit in Wasserstoff geglühtem Material sicher nachgewiesen. Eine Aussage über die Richtung der Spannungen 1. Art in Oxydschicht und darunterliegendem Nickel wird gewonnen.

E. DEEG (MPI f. Silikatforsch. Würzburg): *Beitrag zur Theorie des Förster'schen Verfahrens der Messung von Elastizitätsmodul und innerer Dämpfung.*

Bei der Bestimmung des Elastizitätsmoduls und der Dämpfung aus dem Resonanzverhalten von zu Biegeschwingungen erregten Stäben nach Förster [Z. MET.-KDE. 29, 1937, 109] hängt die zur Messung benutzte Amplitude des einen Aufhängedrahtes nicht nur von den Eigenschaften des zu untersuchenden Stabes ab. Bei der Berechnung dieser Amplitude ergibt sich u. a. daß die zu Longitudinalschwingungen angeregten Aufhängefäden



folge der periodisch veränderlichen Fadenspannung auch zu Transversal-schwingungen angeregt werden können. Diese Transversalschwingungen gehorchen einer *Mathieu'schen* Differentialgleichung. Durch Diskussion der Instabilitätsbereiche dieser Differentialgleichung unter Berücksichtigung der experimentell gegebenen Parameter findet die Erscheinung des „Flat-terns“ der Aufhängedrähte, die bei der Untersuchung von Glasstäben beobachtet wurde, ihre Erklärung

**H. MAECKER** (Forsch.-Labor d. Siemens-Schuckert-Werke AG, Erlangen): *Vorführung und Erklärung magnetohydrodynamischer Effekte im Hochstrombogen.*

Es werden eine Reihe von Versuchen am Hochstrombogen vorgeführt, die zeigen sollen, daß durch das eigene Magnetfeld des Bogens in der Umgebung des Kathodenbrennflecks eine Kompression hervorgerufen wird, die sich durch eine schnelle Plasmaströmung zur Säule ausgleicht. Durch quantitative Messungen des elektrischen Stromfeldes, des Massenstromfeldes und des Temperaturfeldes kann das Energiestromfeld beschrieben werden, das den beherrschenden Einfluß der eigenmagnetisch erzeugten Plasmaströmung auf den Mechanismus des Hochstrombogens deutlich macht.

**A. BAUER** (Osram-Studienges., Augsburg): *Über die Verwendungsmöglichkeit des Xenonhochdruckbogens als Standardstrahler.*

Der Xenonhochdruckbogen ist hauptsächlich wegen seiner intensiven kontinuierlichen Strahlung zum Standardstrahler geeignet. Die Termordnung des Xenon-Atoms zeigt unterhalb der Ionisierungsgrenze bis zu einer Grenzenergie eine relativ dichte Termfolge, auf die bis zum Grundterm ein weiterer Anregungszustand mehr folgt. Bis zu der Frequenz, die der Differenz wahre Ionisierungsenergie — Grenzenergie entspricht, ist auf der Seite kleinerer Frequenzen das Elektronenbrems- und Rekombinationskontinuum nur wenig frequenzabhängig. Jenseits dieser etwa im blauen Spektralgebiet liegenden Grenzfrequenz fällt die Kontinuumsintensität zu höheren Frequenzen hin mit  $\exp(-h\nu/kT)$  ab. Die Strahldichte von Xenonkurzbogenlampen höherer Leistung hebt sich vor allem im nahen UV vorteilhaft von der Strahldichte anderer Bogentypen ab. Dem Kontinuum zumindest im Bereich von 2500 bis 8000 Å läßt sich eine Verteilungstemperatur zuordnen, die sehr wenig von der Bogenbelastung abhängt. Die weitgehende, aus dem Entladungsmechanismus heraus zu verstehende Unabhängigkeit der relativen spektralen Energieverteilung von der Belastung ist im Hinblick auf die Verwendung als Standard von außerordentlichem Vorteil.

Bei höher belasteten Kurzbogenlampen, an Batterie betrieben, betragen die zeitlichen Schwankungen der Lichtstärke  $\pm 1$  bis  $\pm 1,5\%$  und der Leuchtdichte  $\pm 0,5$  bis  $\pm 1\%$ . Die Reproduzierbarkeit liegt in gleichen Grenzen. Durch Regeln der Versorgungsstromstärke lassen sich die Intensitätsschwankungen noch erheblich vermindern.

**M. J. SCHÖNHUBER** (Elektrophys. Inst. d. TH München): *Doppelschichten in Niederdruckgasentladungen.*

Mittels der *Langmuir'schen* Sondenmeßmethode wurden stationäre Hg-Niederdruckgasentladungen mit Fleckkathode entlang der Gefäßachse untersucht. Veränderliche Parameter: Neutralgasdruck ( $10^{-4}$  bis  $10^{-2}$  Torr), Bogenstromstärke (meist 1, 2 oder 5 A) und Gefäßgeometrie ( $\phi$  durchgehend konst. 76 mm, oder unstetiger Querschnittssprung  $\phi_K : \phi_A = 76 : 20$  bzw.  $63 : 36$  mm). Die Versuche zeigten innerhalb des Entladungsraumes zwischen Kathoden- und Anodenfall zwei weitere, örtlich eng begrenzte Doppelschichten (unstetiger Sprung im Verlauf des Raumpotentials, der Elektronen-temperatur sowie der Trägerkonzentration). Die eine (Spannungsabfall  $U_D = 2$  bis 10 V) liegt unmittelbar kathodenseitig der Leuchtgrenze des

Säulenansfangs und trennt den vor dem Kathodenteich befindlichen Dunkelraum vom Plasma der Säule. Die andere ( $U_D = 2$  bis 18 V) liegt vorgewölbt aus dem engeren Anodenrohr. Derartige Doppelschichten treten ganz allgemein an solchen Stellen innerhalb des Entladungsraumes auf, an welchen die anderen Mechanismen des Stromtransportes in ihrer Funktionsfähigkeit versagen (z. B. auch in geschichteten Säulen: periodische Wiederholung von Doppelschicht, Ionisationsgebiet und Dunkelraum).

H. FETZ und R. HENTRICH (Phys. Inst. d. Univ. Würzburg): *Resonanzerscheinungen und Skineffekt im Hochfrequenzplasma*. (Vorg. von R. Hentrich)

Die bei einer induktiv erregten Hochfrequenzentladung mit überlagertem konstanten homogenen Magnetfeld zu erwartende Zyklotronresonanz ist

$$B_{\text{stat}} = \omega_{\text{HF}} \cdot m/e$$

konnte im Kurzwellengebiet ( $\lambda = 5$  bis 10 m) bisher nicht nachgewiesen werden. Dagegen fand Neuert ein resonanzartiges Verhalten für 1,6 bis mal größere Magnetfelder im Falle  $B_{\text{stat}} \perp B_{\text{HF}}$ .

Bei unseren Versuchen wurde bei Verwendung eines genügend starken Senders und bei Anwendung von abgestimmten Zwischenkreisen sowohl die richtige Zyklotronresonanz als auch das Neuertsche Resonanzphänomen beobachtet. Dieses letztere Phänomen kann daher nicht mit dem synchronen Umlauf der Elektronen im Takt der Hochfrequenz erklärt werden. Die Ausmessung der radialen magnetischen HF-Feldstärkeverteilung mittels einer Sonde (zylindrisches Entladungsgefäß) ergab in diesem Resonanzgebiet einen ungewöhnlichen Skineffekt.

M. KEILHACKER und E. FÜNFER (Lab. f. Techn. Physik d. TH München): *Zum Mechanismus von Drahtexplosionen*. (Vorgetr. von F. Fünfer)

Es werden Kupfer- und Silberdrähte von etwa 0,1 mm Durchmesser mit Hilfe einer Kondensatorentladung stoßartig verdampft. Aus Oszillogrammen des Strom- und Spannungsverlaufs sowie aus optischen Beobachtungen des Leuchtvorganges lassen sich Aussagen über den Ablauf der Explosion und die dabei vom Draht aufgenommene Energie gewinnen. Aus der gemessenen Energieaufnahme kann unter Berücksichtigung der Energieverluste durch Strahlung, Stoßwellen usw. die bei einer Drahtexplosion erreichte Temperatur abgeschätzt werden.

H. GUTBIER (Forsch.-Labor. d. Siemens-Schuckert-Werke AG, Erlangen): *Massenspektrometrische Untersuchung der Reaktion  $X^+ + H_2 \rightarrow HX^+ + H$*

Bei Zusammenstößen verschiedener einfach geladener Ionensorten (folgenden mit  $X^+$ -Ionen bezeichnet) mit  $H_2$ -Molekülen erfolgt die Bildung von Ionen des Types  $HX^+$ . Massenspektrometrische Untersuchungen ergaben, daß die  $HX^+$ -Bildung der  $X^+$ - und der  $H_2$ -Konzentration proportional und der Geschwindigkeit der  $X^+$ -Ionen umgekehrt proportional ist. Für die  $X^+$ -Ionen  $H_2^+$ ,  $He^+$ ,  $Ne^+$ ,  $A^+$ ,  $Kr^+$ ,  $N_2^+$ ,  $O_2^+$  und  $CO_2^+$  wurde der Wirkungsquerschnitt bzw. die spezifische Bildungsrate der  $HX^+$ -Bildung gemessen. Die Wirkungsquerschnitte liegen bei einer mittleren kinetischen Energie der Ionen  $E_{\text{kin}} = 0,25$  eV in der Größenordnung von  $10^{-15}$  cm<sup>2</sup>.

K. THOMMEN (I. Phys. Inst. d. Univ. München): *Über die Zerstäubung von Einkristallen durch Kanalstrahlen*.

PbS-, FeS<sub>2</sub>- und Ge-Einkristalle werden mit Edelgaskanalstrahlen von 8 kV Maximalenergie beschossen, und die Zerstäubung wird in Abhängigkeit von der kristallographischen Orientierung der Oberfläche und der zum Beschuß verwendeten Gasart gemessen. Die Ergebnisse lassen sich auf Grund stoßtheoretischer Überlegungen verstehen.



H. SCHOPPER (Phys. Inst. d. Univ. Erlangen): *Über die Nichterhaltung der Parität.*

Es hat sich überraschenderweise herausgestellt, daß die schwachen Wechselwirkungen ( $\beta$ -Zerfall der Atomkerne, Zerfall von  $K$ -,  $\pi$ - und  $\mu$ -Mesonen) nicht spiegelungsinvariant sind (Lee und Yang). Die Natur vermag also eine Rechts- von einer Linksschraube zu unterscheiden. Folgende Versuche bestätigen das:

1. Die  $\beta$ -Richtungsverteilung ausgerichteter  $^{60}\text{Co}$ -Kerne ist nicht spiegelsymmetrisch (Miss Wu).

2. Die beim  $\beta$ -Zerfall unorientierter Kerne entstehenden Elektronen sind in der Bewegungsrichtung polarisiert (Urbana-Gruppe, Harwell-Gruppe).

3. Die durch den  $\pi \rightarrow \mu$ -Zerfall entstehenden  $\mu$ -Mesonen sind in der Bewegungsrichtung polarisiert (Lederman).

4. Untersucht man an unorientierten  $\beta$ -aktiven Kernen die gleichzeitig mit dem  $\beta$ -Teilchen ausgesandte  $\gamma$ -Strahlung, so erweist sich diese u. U. als zirkular polarisiert (eigene Versuche).

Es werden insbesondere die Ergebnisse des letzten Versuches diskutiert, die an  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{22}\text{Na}$  und  $^{24}\text{Na}$  gewonnen wurden. Sie stehen im Einklang mit der Zweikomponententheorie des Neutrinos.

H. KLEWER (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Vielkanaldiskriminator mit Tonband-Speicherung.*

Ein Vielkanaldiskriminator ermittelt die Impulshäufigkeiten in Abhängigkeit ihrer Amplituden. Bei dem hier angewandten Verfahren erzeugt jedes Eingangssignal einen Rechteckimpuls, dessen Zeitdauer der Eingangshöhe entspricht. Dieser Rechteckimpuls wird ausgefüllt mit Schwingungen konstanter Frequenz. Jede Schwingungszahl stellt dann einen bestimmten Kanal dar und ist ein Maß für ein bestimmtes Amplitudenintervall. Die Zählung der Einzelschwingungen erfolgt mit einem siebenstufigen Dualuntersetzter, der 127 Schwingungen speichern kann. Nach dem Zählvorgang werden die betreffenden Röhren der Untersetzter zur Feststellung der zugehörigen Dualziffern abgetastet. Die sieben möglichen Dualziffern werden als Impulse auf sieben parallelen Spuren eines Tonbandes aufgezeichnet. Damit ist der Meßvorgang beendet. Das als eine Folge von Dualzifferkombinationen auf dem Tonband gespeicherte Amplitudenspektrum wird nun mit einem mechanischen Zählgerät ausgewertet. Die Bandgeschwindigkeit kann bei der Aufnahme der Impulshäufigkeit, beim Abspielen der Trägheit des Zählgerätes angepaßt werden. Jedem Amplitudenkanal ist beim Zählgerät eine Zahnstange zugeordnet. Eine Relaissteuerung, betrieben durch die Zifferimpulse, läßt immer nur die Zahnstange um einen Schritt vorrücken, deren zugehörige Dualzifferkombination auftritt. Die verschiedenen Abstände der einzelnen Zahnstangen von der gemeinsamen Ausgangslinie sind dann ein genaues Maß für die Häufigkeiten der Eingangsamplituden.

W. WILD (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Dreifach-Winkelkorrelationen bei der Coulomb-Anregung von Atomkernen.*

Von Kernmodellen unabhängige Aussagen über die Drehimpulse angeregter Zustände und über den Multipolcharakter der Kern-  $\gamma$ -Strahlung,

insbesondere den Mischungskoeffizienten elektrischer und magnetischer Strahlung, kann bei der Coulombanregung von Atomkernen durch Beobachtung der Aussendungswahrscheinlichkeit sekundärer  $\gamma$ -Quanten in Abhängigkeit vom Winkel  $\theta$  gegenüber der Einfallrichtung der Beschußteilchen gewinnen. Diese Aussagen lassen sich verschärfen, wenn man die Dreifach-Winkelkorrelation zwischen Einfallrichtung und Streurichtung des Projektils und Emissionsrichtung des  $\gamma$ -Quants beobachtet, da dann deutlich stärkere Anisotropien auftreten.

Es wurde die exakte quantenmechanische Theorie dieser Dreifachkorrelationen entwickelt. Numerische Tabellen der Anisotropiekoeffizienten wurden für den Fall elektrischer Quadrupolanregung unter Benutzung der für die meisten Anwendungen gut gerechtfertigten WKB-Näherung (halbklassische Behandlung) aufgestellt.

**T. SPRINGER** (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Lösung eines Neutronentransportproblems mit der Monte-Carlo-Methode.*

Im Zentrum einer Kugel sitzt eine Neutronenquelle. Gesucht werden die Größen  $n_1, n_2, \dots, n_i$ , welche angeben, mit welcher Wahrscheinlichkeit ein Neutron die Kugel gerade nach 1, 2,  $\dots, i$  Stößen verläßt. Die Bestimmung der  $n_i$  erfolgte auf der programmgesteuerten elektronischen Rechenmaschine „PERM“ (Technische Hochschule München) anhand eines statistischen Modells: Man „würfelte“ eine große Zahl von Neutronenbahnen aus und zählte, wieviele von den Neutronen bis zum Verlassen der Kugel gerade 1, 2,  $\dots, i$  Stöße erlitten haben. Es wurden einfachheitshalber nur 10 diskrete Neutronenflugrichtungen zugelassen. Bei jedem Stoß wird nach Maßgabe von 14 vorgegebenen apriori-Wahrscheinlichkeiten und statistisch gleichverteilten Pseudo-Zufallszahlen festgelegt, in welcher Richtung das Neutron seinen Weg fortsetzt. Die Flugweiten  $r$  von Stoß zu Stoß bestimmen weitere Pseudo-Zufallszahlen, die wie  $\exp(-r/\lambda)$  in ihrer Häufigkeit verteilt sind.

**H. EWALD** (Phys. Inst. d. TH München): *Altersbestimmung von Gesteinen nach der Rb-Sr-Methode.* (Nach Experimenten von G. Felkel, E. Hebedorn, H. Kocher).

Zur Prüfung der Reproduzierbarkeit der Ergebnisse wurden Messungen am Mikroklin aus Varuträsk durchgeführt. Die Flußsäure-Auflösungen wurden in die Perchlorate überführt und daraus mit Hilfe von Ionenaustauschern die Rb- und Sr-Fraktionen quantitativ abgetrennt. Die Sauberkeit der Trennungen wurde durch radioaktive Indizierungen mit  $^{22}\text{Na}$ ,  $^{86}\text{Rb}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  und  $^{90}\text{Sr}$  kontrolliert. An der Mischung beider Fraktionen wurde optisch-spektroskopisch und photometrisch das Sr/Rb-Verhältnis mittels der von G. Joos in die quantitative Analyse eingeführten Photo-Volta-Zelle [D. Löbell, Z. ANGEW. PHYS. 4, 462, 1952] gemessen:

$$\text{Sr/Rb} = (10,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}.$$

Eine Genauigkeit der hier gefundenen Größe ist erreichbar, wenn die Zelle thermostatisch gekühlt und die Zellenspannung geeignet gewählt und elektronisch konstant gehalten wird. Die massenspektrometrische Untersuchung von Sr-Fraktionen ergab für die relative Menge des radiogenen Strontiums

$$^{87}\text{Sr}/\text{Sr} = 0,745 \pm 0,006.$$

Mit der Halbwertszeit  $T = 5,0 \times 10^{10}$  a des  $^{87}\text{Rb}$  folgt daraus (unter Außerachtlassung des Fehlers der Halbwertszeit) für den Mikroklin ein Alter von  $(2,08 \pm 0,04) \times 10^9$  a.



H. HUSSY, W. KIESSLING, H. KULENKAMPFF, H. MAUSBECK und H. ZEH (Phys. Inst. d. Univ. Würzburg): *Untersuchungen der Röntgen-Bremsstrahlung dünner Antikathoden bei Spannungen bis 180 kV.* (Vorgetr. von H. Kulenkampff)

Es wurde eine besondere Apparatur entwickelt, welche es ermöglicht, die Bremsstrahlung dünner Antikathoden bei höheren Energien bis 180 keV zu untersuchen. Mittels Szintillationszähler, Photo-Multiplier und einem von G. Klasmeier im hiesigen Institut entwickelten elektronischen Impulshöhen-Analysator wurde die spektrale Verteilung unter verschiedenen Emissionswinkeln zwischen  $0^\circ$  und  $90^\circ$  bei Spannungen zwischen 90 und 180 kV an dünnen Antikathoden aus Al, Ni und Au ausgemessen. Die Spektren zeigen von der Grenzfrequenz her einen Intensitätsanstieg nach kleineren Frequenzen, der für die  $0^\circ$ -Richtung am steilsten ist. Im Mittel über alle Richtungen ist der Anstieg steiler bei höheren Spannungen, jedoch flacher bei schwereren Elementen. Die Richtungsverteilung zeigt für die Grenzfrequenz das qualitativ bekannte Bild mit Voreilung des Maximums und scharfem Minimum in der  $0^\circ$ -Richtung; dieses wird bei kleineren Frequenzen im Spektrum rasch aufgefüllt und ist weniger ausgeprägt bei schwereren Elementen.

D. RÖSS (Phys. Inst. d. Univ. Würzburg): *Spektrum und Richtungsverteilung der Röntgen-Bremsstrahlung bei 34 kV.*

Frühere Untersuchungen der Röntgen-Bremsstrahlung dünner Al-Antikathoden von R. Kerscher [Z. PHYS. 140, 632, 1955] wurden mit einer neuen verbesserten Apparatur fortgeführt. Dabei konnten größere Genauigkeit erzielt und der Einfluß störender Wandstrahlung weiter unterdrückt werden. Der Verlauf der Spektren in verschiedenen Emissionsrichtungen ergab sich ähnlich dem früher ermittelten; die Kurven der Richtungsverteilung zeigen für die Grenzfrequenz in den Richtungen  $0^\circ$  und  $180^\circ$  jetzt tiefere Minima im Sinne einer besseren Übereinstimmung mit der Theorie.

H. HEROLD (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Energieausnutzung in einer Röntgenemulsion im Bereich um 1 MeV Quantenenergie.*

Mit Hilfe des Bragg—Grayschen Prinzips der Hohlraumionisation wird die Energieabsorption in einer typischen Röntgenemulsion vergleichend für Quantenenergien zwischen 0,1 und 1,3 MeV bestimmt und der photographischen Wirkung gegenübergestellt. Die Untersuchungen sowie eine Berechnung der Energieabsorption im Silberbromid der Emulsion ergeben, daß im untersuchten Bereich mit zunehmender Strahlenhärte die Energieausnutzung besser wird. Es besteht demnach, entgegen den bisherigen Annahmen, keine strenge Proportionalität zwischen Energieabsorption und Schwärzung im Gammagebiet für die hier verwendeten relativ grobkörnigen und hochempfindlichen Röntgenemulsionen.

H. HAKEN (Inst. f. Theor. Phys. d. Univ. Erlangen): *Erweiterung eines neuen feldtheoretischen Näherungsverfahrens von Feynman.*

Feynman [PHYS. REV. 97, 660, 1955] entwickelte zur Berechnung der Energie des Polaronen-Grundzustandes bei  $T = 0^\circ \text{K}$  ein neuartiges Variationsverfahren, das inzwischen unabhängig von Krivoglas und Pekar [ISV. AKAD. NAUK USSR 21, 16, 1957] und dem Verf. [Z. PHYS., 147, 323, 1957] zu einem Variationsverfahren für die Zustandssumme ( $T \geq 0^\circ$ ) ausgebaut wurde. Am Beispiel des Exzitons wird gezeigt, wie sich aus dem in der letzteren Arbeit angegebenen Näherungsdruck für die Zustandssumme die Energie auch der angeregten Zustände gewinnen läßt. Die

Energie-Ausdrücke werden für große und kleine Radian ausgewertet, wobei u. a. das  $\text{Cu}_2\text{O}$ -Exzitonenpektrum (gelbe Serie) quantitativ erfäßt wird.

J. BRANDMÜLLER und H. W. SCHRÖTTER (Phys. Inst. d. Hochschule Bamberg und I. Phys. Inst. d. Univ. München): *Bestimmung von Invarianten der Ableitung des Polarisierbarkeitstensors des  $\text{CCl}_4$ -Moleküls aus dem Verhältnis der Intensitäten von Raman- und Rayleigh-Linien.* (Vorgetragen von H. W. Schrötter)

Das Verhältnis der Intensitäten von Raman- und Rayleigh-Linien bei der Streuung an flüssigem Tetrachlorkohlenstoff wurde photoelektrisch gemessen. Die von Bernstein und Allen [J. OPT. SOC. AM. 45, 237, 1955] angegebenen Korrekturen wurden berücksichtigt. Mit Hilfe der schwankungstheoretischen Streuformel wurden die an flüssigem  $\text{CCl}_4$  gemessenen Intensitätsverhältnisse auf die entsprechenden Werte von gasförmigem  $\text{CCl}_4$  umgerechnet, aus denen schließlich die Spur und die Anisotropie des Tensors der Ableitung der Polarisierbarkeit nach den Normalkoordinaten berechnet wurden.

H. WALTHER (Labor. f. Techn. Phys. d. TH München): *Kondensation von Quecksilberdämpfen an gekühlten Flächen.*

Es wird der kondensierte Bruchteil eines auf eine gekühlte Nickelfläche treffenden Hg-Dampfstrahles gemessen, und zwar in Abhängigkeit von der Temperatur der Kühlfläche und der Dauer der Bedampfung.

Bei nicht zu kleiner Bedampfungsdauer, das heißt dann, wenn bereits ein wesentlicher Teil der Nickelfläche mit Hg-Kriställchen überdeckt ist, findet man im Kurvenverlauf des über der Kühltemperatur aufgetragene Kondensationskoeffizienten ein Minimum. Dieses wird dadurch erklärt, daß die auf die Hg-Kristallflächen auftreffenden Hg-Atome wieder verdampfen, ehe sie durch Oberflächendiffusion eine Wachstumsstelle erreicht haben.

Somit kann ergänzend zu älteren Literaturangaben, der Kondensationskoeffizient von Hg-Dampf auf Hg-Kristallen, je nach Kondensationstemperatur und Zahl der vorhandenen Wachstumsstellen wesentlich kleiner Werte als eins annehmen.

W. EHRENBERG (München): *Die relative Abweichung von der Summenhäufigkeitsgeraden als Gestaltungsmaß.*

Aus der Wahrscheinlichkeit  $w$  der relativen Abweichung von der Summenhäufigkeitsgeraden wird ein Gestaltungsmaß

$$G = \ln[(1 - w)/w]$$

abgeleitet, das sich additiv verhält und sich, ähnlich wie die kinetische Energie, als eine universelle Kenngröße aller Naturgebilde und aller Naturvorgänge erweist.